

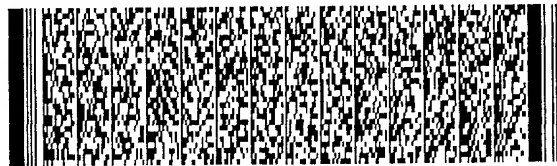
申請日期: 92.2.10	IPC分類
申請案號: 92102714	G06F 17/50

(以上各欄由本局填註)

發明專利說明書

200302971

一、 發明名稱	中文	供積體電路量測目的之輪廓精確化技術
	英文	PROFILE REFINEMENT FOR INTEGRATED CIRCUIT METROLOGY
二、 發明人 (共4人)	姓名 (中文)	1. 鮑君威 2. 斯里尼凡斯·多迪 3. 尼可·傑克達
	姓名 (英文)	1. Bao, Junwei 2. Doddi, Srinivas 3. Jakatdar, Nickhil
	國籍 (中英文)	1. 中國大陸 CN 2. 印度 IN 3. 印度 IN
	住居所 (中文)	1. 美國加州95051聖塔克拉市威伯爾大道3661號 2. 美國加州94539弗雷蒙市北摩瑞街43838號 3. 美國加州94022洛杉托市瑞可那達巷425號
	住居所 (英文)	1. 3661 Warbler Avenue, Santa Clara, CA 95051, U.S.A. 2. 43838 N. Moray Street, Fremont, CA 94539 U.S.A. 3. 425 Rinconada Court, Los Altos, CA 94022, U.S.A.
三、 申請人 (共1人)	名稱或 姓名 (中文)	1. 迪伯技術股份有限公司
	名稱或 姓名 (英文)	1. Timbre Technologies, Inc.
	國籍 (中英文)	1. 美國 US
	住居所 (營業所) (中文)	1. 美國加州95054聖塔克拉市邦克丘巷2953號301室 (本地址與前向貴局申請者相同)
	住居所 (營業所) (英文)	1. Suite 301, 2953 Bunker Hill Lane, Santa Clara, CA 95054, USA
	代表人 (中文)	1. 艾倫·諾雷
	代表人 (英文)	1. Nolet, Alan



申請日期：	IPC分類
申請案號：	

(以上各欄由本局填註)

發明專利說明書

一、 發明名稱	中 文	
	英 文	
二、 發明人 (共4人)	姓 名 (中 文)	4. 王威
	姓 名 (英 文)	4. Vuong, Vi
	國 籍 (中 英 文)	4. 美國 US
	住 居 所 (中 文)	4. 美國加州94555弗雷蒙市丹斯莫爾公共地5048號
	住 居 所 (英 文)	4. 5048 Dunsmuir Common, Fremont, CA 94555, U. S. A.
三、 申請人 (共1人)	名稱或 姓 名 (中 文)	
	名稱或 姓 名 (英 文)	
	國 籍 (中 英 文)	
	住 居 所 (營 業 所) (中 文)	
	住 居 所 (營 業 所) (英 文)	
	代 表 人 (中 文)	
	代 表 人 (英 文)	



一、本案已向

國家(地區)申請專利

申請日期

案號

主張專利法第二十四條第一項優先權

美國 US

2002/02/12

10/075,904

有

二、☐主張專利法第二十五條之一第一項優先權：

申請案號：

無

日期：

三、主張本案係符合專利法第二十條第一項☐第一款但書或☐第二款但書規定之期間

日期：

四、☐有關微生物已寄存於國外：

寄存國家：

無

寄存機構：

寄存日期：

寄存號碼：

☐有關微生物已寄存於國內(本局所指定之寄存機構)：

寄存機構：

寄存日期：

無

寄存號碼：

☐熟習該項技術者易於獲得, 不須寄存。

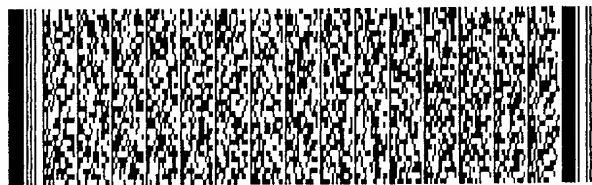
四、中文發明摘要 (發明名稱：供積體電路量測目的之輪廓精確化技術)

本發明包括自測量訊號決定積體電路結構的輪廓之方法及系統，以量測裝置測量自結構發射的訊號，於輪廓數據空間中選擇實測訊號之最佳符合者，輪廓數據空間具有具指定非線性範圍之數據點，及進行精確化程序以決定精確輪廓參數。一個實施例包括精確化程序，包含有在輪廓資料庫訊號及輪廓參數的成本函數之函數領域中找出一多面體並利用加權平均方法最小化總成本函數。另一實施例包括輪廓參數精確化程序，利用敏感度分析、叢集法、以回歸為基本之方法、局部化細微解析度精確化資料庫法、反覆資料庫精確化方法、及其他成本函數最適化或精確化演算法、程序、及方法。輪廓參數精確化可自動發動或基於預定標準而發動如超過實測訊號對最佳符合輪廓資料庫之間的誤差量測。

五、(一)、本案代表圖為：第 1 圖

六、英文發明摘要 (發明名稱：PROFILE REFINEMENT FOR INTEGRATED CIRCUIT METROLOGY)

The present invention includes a method and system for determining the profile of a structure in an integrated circuit from a measured signal, the signal measured off the structure with a metrology device, selecting a best match of the measured signal in a profile data space, the profile data space having data points with a specified extent of non-linearity, and performing



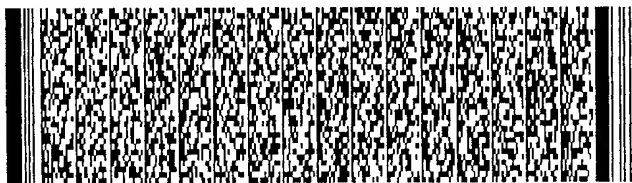
四、中文發明摘要 (發明名稱：供積體電路量測目的之輪廓精確化技術)

(二)、本案代表圖之元件代表符號簡單說明：

- 40~ 光學量測系統
- 41~ 量測照射源
- 43~ 量測光線
- 45~ 入射角
- 47~ 晶圓
- 49~ 散射光線
- 51~ 量測光線接受器
- 53~ 量測輪廓計系統
- 55~ 量測平台
- 57~ 散射光線數據
- 59~ 目標循環結構

六、英文發明摘要 (發明名稱：PROFILE REFINEMENT FOR INTEGRATED CIRCUIT METROLOGY)

a refinement procedure to determine refined profile parameters. One embodiment includes a refinement procedure comprising finding a polyhedron in a function domain of cost functions of the profile library signals and profile parameters and minimizing the total cost function using the weighted average method. Other embodiments include profile parameter refinement



四、中文發明摘要 (發明名稱：供積體電路量測目的之輪廓精確化技術)

六、英文發明摘要 (發明名稱：PROFILE REFINEMENT FOR INTEGRATED CIRCUIT METROLOGY)

procedures using sensitivity analysis, a clustering approach, regression-based methods, localized fine-resolution refinement library method, iterative library refinement method, and other cost optimization or refinement algorithms, procedures, and methods. Refinement of profile parameters may be invoked automatically or invoked based on predetermined criteria such as exceeding



四、中文發明摘要 (發明名稱：供積體電路量測目的之輪廓精確化技術)

六、英文發明摘要 (發明名稱：PROFILE REFINEMENT FOR INTEGRATED CIRCUIT METROLOGY)

an error metric between the measured signal versus the best match profile library.



五、發明說明 (1)

一、【發明所屬之技術領域】

相關專利之交叉參考資料

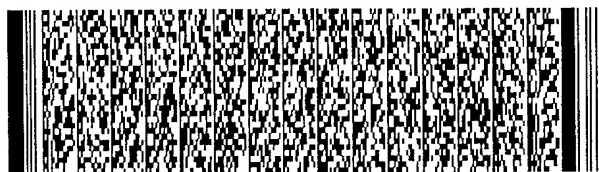
本申請案係關於同在申請中的美國專利申請案第09/727530號，由Jakatdar等人於2000年11月28日申請之標題「晶格輪廓之即時資料庫產生的系統及方法」；關於同在申請中的美國專利申請案第09/764,780號，由Niu等人於2001年1月25日申請之標題「供快速精確的偶合波分析之內層計算之儲存」；關於同在申請中的美國專利申請案第09/737,705號，由Doddi等人於2000年12月14日申請之標題「光柵輪廓分級之系統及方法」；關於同在申請中的美國專利申請案第09/923,578號，於2001年8月6日申請之標題「經由以回歸為基本之資料庫產生過程之動態學習之方法及系統」，皆由本申請案之受讓人並以引用方式併入本文中。

發明之領域

本發明係關於積體電路(IC, integrated circuit)量測，尤有關於利用量測系統及輪廓資料庫或輪廓數據空間以決定臨界尺寸(CD's, critical dimensions)及IC結構的輪廓。

二、【先前技術】

隨著現今朝向更小的IC特徵構造之幾何學趨勢，當特徵構造的大小變得更小，特徵構造量測更形困難。然而，了解光柵或循環結構之大小為必要，以便決定是否特徵構



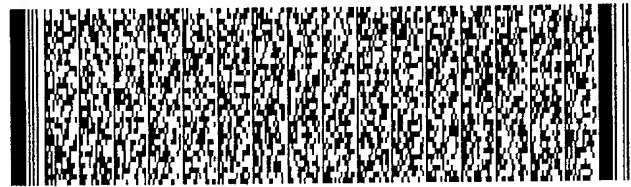
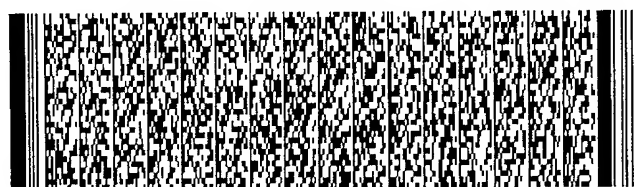
五、發明說明 (2)

造的尺寸為可接受的範圍內及是否特定製造過程造成特徵構造的側壁成為錐形、垂直、T-形頂、下削、或具有基腳。

傳統上，將樣品切開並以掃描式電子顯微鏡(SEM, scanning electron microscope)或類似裝置檢視。橫剖面SEM法通常為慢、昂貴、且破壞性，反之CD SEM法僅提供自特徵構造頂部所視之一個量測數字。使用分光反射儀及橢圓儀來照射光限於結構並測量反射訊號的光譜。目前的做法基本上使用對於構造中已知寬度之特徵構造測量反射光的光譜之經驗法。此方法為費時且昂貴，即使對於有限結構尺寸之輪廓的資料庫及相關反射/散射光線的光譜數據。再者，若將此資料庫對廣泛範圍之輪廓以精細解析度建立，建立資料庫的過程為費時且價格過高。隨著IC特徵構造變小，需要具有更精細解析度之資料庫。隨著資料庫解析度的增加，資料庫的大小增加同時建立資料庫的時間以指數方式增加。再者，輪廓及光譜的廣泛資料庫對於搜尋目的效率不彰，特別是對於即時工作。因此，需要一方法、系統及/或裝置輔助測量輪廓之量測裝置及系統之使用而無須產生巨大輪廓資料庫或數據收集及帶來該輪廓資料庫或數據收集之廣泛搜尋。

三、【發明內容】

本發明包括藉由選擇一或多個於輪廓數據空間中最佳相符的測量訊號並進行精確化程序以決定精確輪廓參數，



五、發明說明 (3)

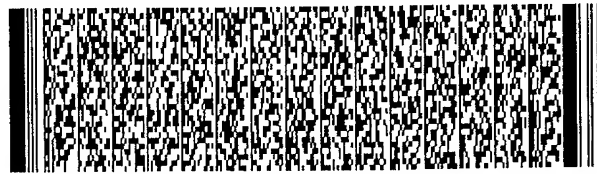
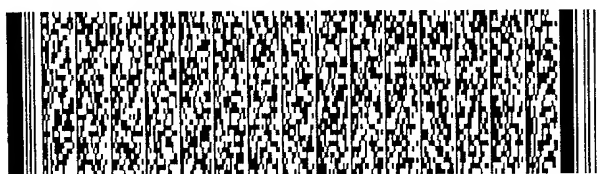
自測量訊號決定積體電路結構的輪廓之方法及系統。測量訊號可由光學、電、電子、或機械度量裝置產生。輪廓數據空間可為輪廓參數及相對應的訊號之輪廓資料庫或代表輪廓參數及相對應的訊號之數據點的集合。

一個模範實施例包括用以確認數據點之間非線性之特定限度存在之方法及系統，以便確保由精確化計算得到一致結果。

另一個模範實施例包括一精細化程序，包含有於輪廓參數之數據空間中尋找一多面體，將多面體設定成含有最佳符合資料庫光譜之輪廓參數並同時設定為使得多面體的角對應於選定的輪廓參數數據點，一個對應一個輪廓參數。利用權重因子可將最佳符合光譜及特定資料數據點的光譜之總成本函數相較於實測光譜最小化。另一方法為找到一多面體，將多面體設定成含有最佳符合資料庫光譜之輪廓參數並同時設定為使得多面體的角對應於選定的輪廓參數數據點，兩個對應一個輪廓參數。再另一個實施例包括藉由利用敏感度矩陣決定輪廓參數調整值之精確輪廓參數計算。

或者，使用一組方法來選擇各輪廓資料庫實例叢集之叢集代表並對叢集代表之各輪廓參數值推導出調整倍數。由實測散射光譜乘以最符合叢集代表各參數值之相對應調整倍數計算精確輪廓參數。於另一應用中，調整倍數係根據選擇標準自選定的輪廓資料庫實例推導出。

再另一個實施例為以回歸為基本的精細化方法，其中



五、發明說明 (4)

將於訊號的數據空間內的數據點及輪廓參數依次評量相較於實測光譜之適配度。利用局部與整體最佳化技術選擇隨後回歸數據點。利用量測模擬程序計算隨後回歸數據點之訊號。

再者，本發明可利用局部細微解析度精確化資料庫方法、反覆資料庫精確化方法、其他成本最佳化方法、及/或其他精確化演算法或技術。精確化程序可自動地行使或基於預定標準如超過測量訊號對最佳符合輪廓資料庫訊號之間的錯誤尺度而行使。

茲將參照附隨的圖示，以說明本發明。在圖示中，相似的參考符號指示類似的元件。

四、【實施方式】

為了輔助本發明之說明，使用一光學量測系統來說明觀念及原理。吾人相信相同的觀念及原理同等地適用於其他IC量測系統，如下文將說明。以類似的方式，雖然經常使用一輪廓資料庫來解釋觀念及原理，本發明同等地適用至包含有輪廓參數及相對應量測訊號之數據空間。

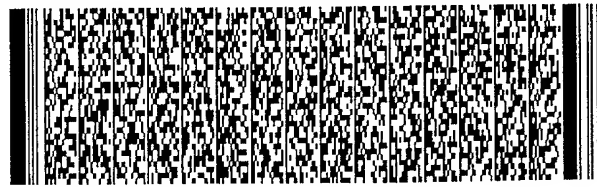
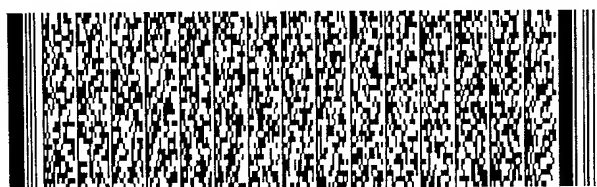
圖1係顯示利用光學量測而測量積體電路循環結構的散射光譜之建築圖。光學量測系統40由量測照射源41發射一光線43於裝於量測平台55上的晶圓47之目標循環結構59處而組成。將量測光線43以入射角 θ 朝向目標循環結構59發射。藉量測光線接受器51測量散射光線49。將散射光線數據57傳送至量測輪廓計系統53。量測輪廓計系統53比較



五、發明說明 (5)

實測散射光線數據57與代表目標循環結構及解析度的許多輪廓參數組合之經計算散射光線數據資料庫。選擇資料庫實例最佳符合實測散射光線數據57。選定的資料庫實例之輪廓及相關臨界尺寸對應於目標循環結構59特徵構造之橫剖面輪廓及臨界尺寸。光學量測系統40可利用反射儀、橢圓儀、或其他光學量測裝置來測量散射的光線或光譜。一種光學量測系統係說明於同在申請中的美國專利申請案第09/727530號，由Jakatdar等人於2000年11月28日申請之標題「晶格輪廓之即時資料庫產生的系統及方法」中，該案之全文以引用的方式併入本文中。

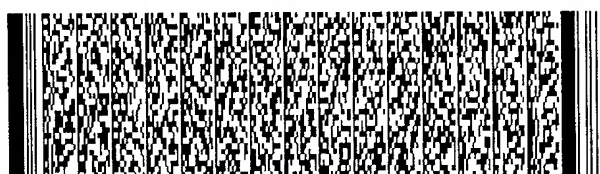
圖2A顯示相較於輪廓資料庫中實例的散射光譜圖之實測散射光譜圖。將波長以奈米(nm)為單位示於X-軸，而散射光譜之橢圓儀測量值--餘弦(Δ)於Y-軸。將輪廓資料庫以晶圓中結構之CD's及其他輪廓參數之範圍建立。輪廓資料庫實例數目為以指定解析度不同CD's及其他輪廓參數組合之函數。例如，對一結構頂部CD的範圍可為100至300nm而指定解析度為10nm。與結構的其他輪廓參數組合，將一或多個輪廓參數實例建立開始於100nm頂部CD及之後每隔10nm增加直到300nm。對於用來建立輪廓資料庫參數之詳細說明，參見同在申請中的美國專利申請案第09/727530號，由Jakatdar等人於2000年11月28日申請之標題「晶格輪廓之即時資料庫產生的系統及方法」中，該案之全文以引用的方式併入本文中。例如，對於梯形輪廓之輪廓資料庫實例具有散射光譜及包含頂部CD、底部CD、及高度之輪



五、發明說明 (6)

廓參數。於圖2A中，說明代表一組輪廓參數以特定解析度之資料庫光譜63及具有不同組輪廓參數以相同解析度之另一資料庫光譜65。實測光譜61相近於資料庫光譜63及65。本發明之一個觀點為基於實測散射光譜61及輪廓資料庫中已知數值決定相當於實測散射光譜61之輪廓。

圖2B顯示相較於輪廓資料庫中輪廓實例之實測循環結構之結構輪廓。將梯形結構之資料庫輪廓71以另一類似資料庫輪廓75解釋。實測散射光譜相當於輪廓73，示為虛線，其輪廓參數接近資料庫輪廓71及75。本發明之一個觀點為基於實測散射光譜及自輪廓資料庫中選出之數據或利用模擬技術推導出的數據決定相當於實測散射光譜之輪廓參數。作為實例，假設資料庫輪廓71相當於資料庫光譜63及資料庫輪廓75相當於資料庫光譜65。如圖2A中所畫，資料庫光譜63或65兩者皆不確實符合實測光譜61。就其本身而論，於最習見的系統中，基於「最佳符合」演算法，會將光譜63或65其中之一選擇作為最接近的相符。然而，此造成一定量誤差。例如，假設將資料庫光譜65選擇作為實測光譜61之相符。於該情況中，將資料庫輪廓75選擇作為代表循環晶格的實際輪廓。然而，如圖2B中所畫，資料庫輪廓75與循環晶格的實際輪廓(即實測光譜輪廓73)之間有差異/誤差。一個解決方式可為增加資料庫的解析度以使得會有更接近地符合實測光譜之資料庫光譜。然而，此增加資料庫的大小，其具有更多時間及計算以產生資料庫、儲存資料庫、及搜尋資料庫之缺點。就其本身而論，於下

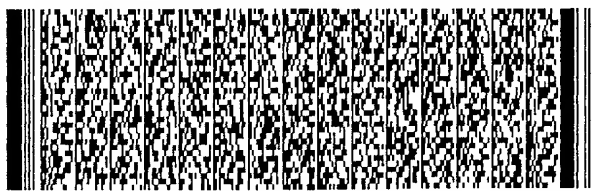


五、發明說明 (7)

說明的模範實施例中，使用輪廓精確化方法基於現存資料庫光譜/輪廓及實測光譜來決定更接近地相符光譜/輪廓。

圖3為本發明一個模範實施例中用以於資料庫數據點之間確定指定非線性程度之操作步驟流程圖。數據點為一組具有相關光譜之輪廓參數。當將輪廓參數及相關光譜組合以資料庫形式組織，使用術語資料庫數據點。應了解無論組織數據的方法為何本發明之原理及觀念將適用。一組數據點為一輪廓數據空間或簡稱數據空間。

線性觀念照慣例以X-Y軸45度直線之圖說明。因此，當兩個變數X及Y具有線性關係，對於X每次增加，有相對應Y的增加，而X對Y的關係可於圖上以直線代表。於此申請案中，取代線性，數據點之間有非線性範圍，將其控制以便確保得自用來決定更接近地符合輪廓參數及光譜的精確化程序有一致及可重複的結果。對於一特定變數，若變數的關係為線性，可將非線性範圍測量為計算的數字相對於相同變數數值之誤差。於本實施例中，將資料庫數據點的非線性程度表示為輪廓參數計算的變化與輪廓參數實際變化之間的差異，將於下說明。本實施例也藉由利用精確的解析度對每個用來建立輪廓資料庫的輪廓參數確保指定的非線性範圍存在。同時於下面實例將說明，精確的解析度為可用來建立輪廓資料庫的輪廓參數解析度的最大值同時維持資料點之間指定的非線性範圍。以資料點之間指定的非線性範圍建立之輪廓資料庫得以精確化輪廓參數，使得計算的精確輪廓參數不超過某最大誤差或臨界值誤差。



五、發明說明 (8)

例如，對於一組由CD寬度及高度組成的輪廓參數，對於製造運作指定的臨界值誤差對IC結構的CD寬度及高度分別可為1.5nm及2nm，即結構可改變此等量而不影響結構的設計屬性。本實施例計算用以建立資料庫之CD寬度及高度的最大解析度使得利用建立的資料庫之計算的精確輪廓參數偏移或誤差分別不超過例如1.5nm及2nm。

參照圖3，將對於輪廓資料庫的各輪廓參數之指定的非線性範圍建立150。如上述，一個實施例利用建立對於輪廓資料庫的各輪廓參數之臨界值誤差之觀念來指定理想非線性範圍。臨界值誤差可為由結構輪廓參數規格之最大誤差而不改變裝置或電路的設計屬性。或者，臨界值誤差為由IC結構及晶圓的使用者基於其需求而設定。對於各輪廓參數，基於指定的非線性範圍計算精確的解析度160。在將非線性程度表示為臨界值誤差的情況中，一個用以決定精確解析度的模範技術為藉由利用敏感度矩陣計算輪廓參數改變及藉由比較計算的輪廓參數改變與對於該輪廓參數建立的臨界值誤差。下面步驟說明此程序：

1) 對於一輪廓資料庫，已知一組輪廓參數 P ， $P=(P_1, P_2, \dots, P_K)$ ，建立各輪廓參數的臨界值誤差，表示為向量：

$$\text{臨界值誤差 } T=(T_1, T_2, \dots, T_K)$$

其中 K 為輪廓參數維數。

2) 選擇一組輪廓參數 P_{SET0} ，如下列：

$$P_{\text{SET0}}=(P_1, \dots, P_{L-1}, P_L, P_{L+1}, \dots, P_K)$$

其中 L 為自1至 K 任何輪廓參數。



五、發明說明 (9)

3) 利用選擇的輪廓參數 P_{SET0} 模擬 IC 結構的散射光譜，產生散射光譜 S^0 。

4) 選擇選定的組 P_{SET0} 之一個輪廓參數 P_L ，並以小增量 β_L 增加選定的輪廓參數 P_L ，記為新組 P_{INCR} 。例如， P_L 可為 CD 寬度而 CD 寬度可自 100 至 300nm 變化同時增量 β_L 可為 1 或 2nm。然而，輪廓參數的增量可視來自用於特定製造運作的先前資料庫建立方法的經驗改變。

5) 模擬具有輪廓參數 P_{INCR} 之 IC 結構的散射光譜，產生散射光譜 S^L 。

6) 計算光譜變化的敏感度 (δS) 相對應至輪廓參數中的變化 (δP)：

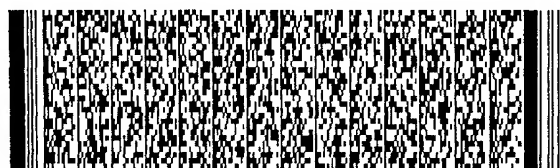
$$\frac{\delta S^L}{\delta P} = \frac{(S^L - S^0)}{\beta_L} \quad (1.20)$$

其中 S^L 為長度 N 的列向量，而 N 為對於以量測裝置實施的各測量之光譜數據點數目。

7) 以小增量 α 改變一個其他輪廓參數，例如， $\alpha = 0.2\text{nm}$ 。此小增量 α 為視運用而定，一般基於經驗數據；而通常小增量 α 為輪廓增量 β_L 的分率。

8) 利用改變的輪廓參數同時將其餘輪廓參數維持不變，模擬散射光譜，產生散射光譜 S^i 。對所有其他輪廓參數重複此步驟。對於輪廓參數 i ，方程式之一般形式為：

$$\frac{\delta S^i}{\delta P_i} = \frac{(S^i - S^0)}{\alpha} \quad (1.40)$$



五、發明說明 (10)

其中 δS^i 為由輪廓參數 δP_i 中的變化引發之散射光譜變化，各 S^i 為長度 N 的列向量，而 N 為對於以量測裝置實施的各測量之光譜數據點數目。

9) 計算敏感度矩陣 J ，以前述步驟中計算的數值代入：

$$J = \begin{bmatrix} \frac{\delta S^1}{\delta P_1}, \frac{\delta S^2}{\delta P_2}, \dots, \frac{\delta S^K}{\delta P_K} \end{bmatrix} \quad (1.60)$$

其中 S^1 為長度 N 的列向量， S^2 為長度 N 的列向量，而 N 為對於以量測裝置實施的各測量之光譜數據點數目。

10) 模擬散射光譜，利用輪廓參數組：

$$P = (P_1, \dots, P_{L-1}, (P_L + \beta_L/2), P_{L+1}, \dots, P_K) \quad (1.80)$$

產生散射光譜 S 。

11) 利用上面計算的敏感度矩陣 J 及由方程式 $\delta S = S - S^0$ 的新 δS 值，計算 δP 如下：

$$\delta P = (J^T J)^{-1} J^T \delta S \quad (2.00)$$

產生 $\delta P = (b_1, \dots, b_{L-1}, b_L, b_{L+1}, \dots, b_K)$ 。

其中 b_1 為輪廓參數 1 中變化的計算值， b_L 為輪廓參數 P_L 中變化的計算值，以此類推。

參照圖3，將以利用上述步驟計算之精確解析度建立之輪廓資料庫的非線性範圍測試看看此等是否符合非線性的特定範圍165。若線性測試不符合，實施校正動作170。

對於利用臨界值誤差之技術，於下說明實施線性測試及進行校正動作之實例：



五、發明說明 (11)

12) 將計算的 δP 與 δP 理想值比較，將 δP 理想值及計算的 δP 之間差異的絕對值測試看是否此等為等於或少於臨界值誤差。輪廓參數 δP 理想值對於非 P_L 之參數為零，對於輪廓參數 P_L 為 β_L 的一半。以方程式形式表示，線性測試為如下：

$$\delta P \text{ 理想值} = (0, \dots, \beta_L/2, \dots, 0)$$

$$\text{比較} \quad |0 - b_1| \leq T_1$$

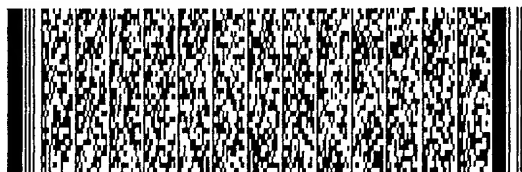
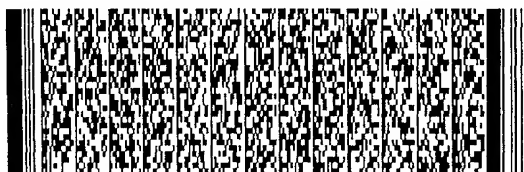
$$| \beta_L/2 - b_L | \leq T_L$$

$$|0 - b_k| \leq T_k \quad (2.10)$$

若於方程式(2.10)中的比較為真，即未超過對於輪廓參數 P_L 之最大臨界值誤差，則增加 β_L 之值。例如，可將 β_L 增大1nm。重複步驟5至12直到比較為不符合，採用比較為真之最後的 β_L 值，此 β_L 值為輪廓參數 P_L 的精確輪廓解析度。

13) 對其餘輪廓參數重複步驟1至12並儲存精確輪廓解析度。

再度參照圖3，利用計算之精確解析度建立輪廓參數範圍之輪廓資料庫180。例如，CD寬度可有100至200nm之範圍，符合特定臨界值誤差的CD寬度精確解析度可為4nm。



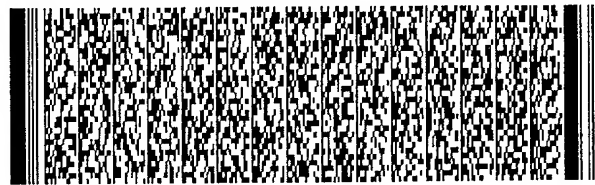
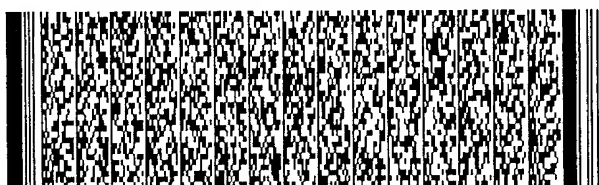
五、發明說明 (12)

用以決定輪廓參數之精確解析度之另一個實施例認識到為了符合線性要求，需要多於一個精確解析度。此方法認識對於輪廓參數的整個範圍，不同解析度可運用。因此將輪廓參數的整個範圍分成幾個部分。在各部分之內，以如上述類似方式決定精確輪廓參數解析度。代替使用一組精確解析度建立輪廓資料庫，使用一組精確解析度針對輪廓參數部分。利用前面實例，CD寬度可有100至300nm之範圍，對於第一部分100-200nm，CD寬度精確解析度可為3nm，對於第二部分201-250nm為2.5nm，而對於第三部分251-300nm為1.8nm。應了解對於熟悉本技藝者可使用其他技術或算法來進行線性測試或確定資料庫中的輪廓數據點組合符合線性要求。

圖4A至圖11使用光學量測來解釋及說明用於本發明中的觀念及原理。如上面提到，說明的觀念及原理也適用於其他量測系統，如電子、電、及機械量測系統。

圖4A為由最小化輪廓資料庫中特定光譜數據點與實測散射光譜比較之成本函數及利用本發明模範實施例中的加權向量作為輪廓精確化之操作步驟流程圖。在以特定非線性範圍建立資料庫後實施輪廓精確化方法。將自IC結構實測散射光譜 S^M 與輪廓資料庫中的光譜比較，並於資料庫中選擇最符合的光譜 S^0 200。取出關於最符合的資料庫光譜之輪廓參數210。將代表關於最符合的資料庫光譜之輪廓參數之數據點記為 P^0 。

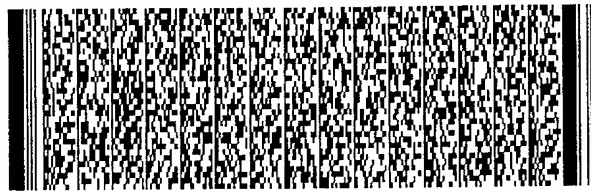
計算輪廓資料庫中特定光譜數據點比較實測散射光譜



五、發明說明 (13)

之總成本函數。利用加權因子將總成本函數最小化。根據實施例，光譜數據點之選擇變化。於一個模範實施例中，選擇 K -維多面體於輪廓參數的數據空間中，將多面體設定成含有最佳符合資料庫光譜之輪廓參數並同時設定為使得多面體的角或頂點對應於選定的輪廓參數數據點220。如前定義，數據點意指一組輪廓參數及相關光譜，而數據空間為數據點之集合。 K -維多面體輪廓參數數據點之選擇係由選擇關於最佳符合資料庫光譜之輪廓參數相鄰值而完成，以產生類似光譜變化於實測光譜及關於數據點光譜之間的方向選擇相鄰值，如圖4B中所圖示。參照圖4B，假設使用具有兩個輪廓參數之矩形之IC結構的簡單輪廓，亦即CD寬度 P_1 及高度 P_2 。 P^R 為精確的或計算的參數數據點而 P^M 為相當於實測光譜 S^M 之實際參數數據點。最佳符合光譜 S^0 (未示)之最佳符合輪廓參數數據點 P^0 為選擇其他輪廓參數數據點的起點。在 Y 軸中輪廓參數 P_1 的情況中， P^0 的相鄰值為 P^{1+} 於正向，而 P^{1-} 於 P_1 的負向。 P^{1+} 及 P^{1-} 的相關光譜(未示)分別為 S^{1+} 及 S^{1-} 。若 S^{1+} 比較實測光譜 S^M 之成本函數相對於 S^{1-} 比較實測光譜 S^M 之成本函數為較小，則選擇 P^{1+} 作為CD寬度 P_1 之數據點，否則，選擇 P^{1-} 。對於輪廓參數 P_2 做類似分析，對於此實例，對高度 P_2 選擇輪廓參數數據點 P^{2-} 。於本實例中，多面體為三角空間，其以角落 P^0 、 P^{1+} 、及 P^{2-} 包含實測參數數據點 P^M 。

對於更複雜輪廓需求，例如，七個輪廓參數， K 等於7，而具有八個角落的多面體($K+1$)為六面體。運用類似步



五、發明說明 (14)

驟組合來選擇輪廓參數的相鄰數據點，無論K值為何。雖然矩形輪廓常用於實例中，本發明的觀念及原理可運用至其他輪廓，如具有圓頂、基底、T-形頂、下切之非梯形輪廓，具有直、凹入側壁、或凸出側壁及具有不同組合形狀及裝置特徵之非梯形輪廓。

參照圖4A，藉由調整加權向量將最符合光譜相對於實測散射光譜之成本函數及關於選擇的數據點之光譜相對於實測散射光譜之成本函數最小化 230。對本實施例最小化成本函數之方程式為：

$$\underset{W}{MIN} C(W) \quad (2.20)$$

$$\text{使得 } \sum_{i=1}^K W_i = 1 \quad (2.40)$$

$$\text{及 } W_i \geq 0 \quad (2.60)$$

及其中

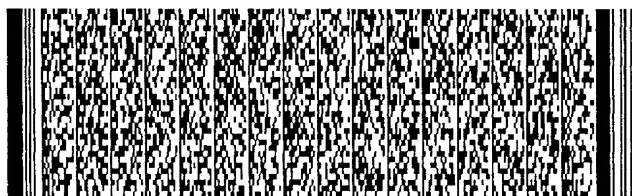
$$C(W) = \left\| \begin{bmatrix} S^0, S^1, \dots, S^K \end{bmatrix}_{N(K+1)} W_{K+1} - S^M \right\| \quad (2.80)$$

其中

C為總成本函數，

K為輪廓參數的維數，

N為對於以量測裝置實施的各測量之光譜數據點數目，



五、發明說明 (15)

S 為散射光譜， S^0 為最符合光譜， S^1 為關於第一輪廓參數選擇值的光譜，類推至 S^K ，而 S^M 為實測光譜，及 W 為加權向量。

加權向量 W 由下列方程式得到：

$$W = \begin{bmatrix} W_0 \\ W_1 \\ \cdot \\ \cdot \\ W_K \end{bmatrix} \quad (3.00)$$

其中 W_0 為最符合數據點權數， W_1 為第一輪廓參數數據點權數，以此類推。任何向量 V 之標準值其中 i 可為 1、2 或任何整數，對於長度 M 由下列方程式得到：

$$\|V\|_i \equiv \left(\sum_{K=1}^M |V_K|^i \right)^{1/i} \quad (3.20)$$

加權向量值之最適化受到兩個限制，亦即，第一個，加權向量總合必須等於一(方程式(1.20))及第二個，加權向量值可為等於或大於零(方程式(1.30))。

現在參照圖 4A，由利用最小化輪廓參數總成本函數之加權向量計算精確的輪廓參數 250，如方程式中所示：



五、發明說明 (16)

$$P^R = (P^0, P^1, \dots, P^K) \begin{pmatrix} W_0 \\ W_1 \\ \dots \\ W_K \end{pmatrix} \quad (3.40)$$

其中 P^R 為代表精確的輪廓參數之向量， P^0 為代表最符合光譜的輪廓參數之向量， P^1 及 P^K 為代表多面體第一及第 K 個角落的輪廓參數之向量。繼續矩形輪廓之實例，精確的輪廓參數由下列方程式得到：

$$P^R = (P^0, P^1, P^2) \begin{pmatrix} W_0 \\ W_1 \\ W_2 \end{pmatrix} \quad (3.60)$$

於另一實施例中，使用具有不同數目的不同多面體。參照圖4A，多面體角落之輪廓參數數據點之選擇係由選擇關於最佳符合資料庫光譜之輪廓參數相鄰值而完成225。參照圖4C，假設使用前面實例具有兩個輪廓參數之矩形結構輪廓，亦即CD寬度 P_1 及高度 P_2 。參照圖4C， P^R 為精確的或計算的參數數據點而 P^M 為相當於實測光譜(未示)之實際參數數據點。最佳符合光譜 S^0 (未示)之最佳符合輪廓參數數據點 P^0 為選擇其他輪廓參數數據點的起點。在Y軸中輪廓參數 P_1 的情況中， P_1 於正向的相鄰值 P^{1+} 及於負向的 P^{1-} 兩者皆選擇。類似地，於X軸中 P_2 於正向的相鄰值 P^{2+} 及於負向的 P^{2-} 兩者皆選擇。將多面體設定成含有測量點 P^M 及選擇的四



五、發明說明 (17)

相鄰值為角落。無論K值為何，運用類似步驟組合選擇輪廓參數的相鄰數據點。藉由調整加權向量將最符合光譜相對於實測散射光譜之成本函數及關於選擇的數據點之光譜相對於實測散射光譜之成本函數最小化235。以方程式形式：

$$\min_W C(W) \quad (4.00)$$

$$\text{使得 } \sum_{i=1}^K W_i = 1 \quad (4.20)$$

$$\text{及 } W_i \geq 0 \quad (4.40)$$

及其中

$$C(W) = \left\| \begin{bmatrix} S^0, S^{1+}, S^{1-}, \dots, S^{2K} \end{bmatrix}_{N(2K+1)} W_{(2K+1)} - S^M \right\| \quad (4.60)$$

其中

C為總成本函數，

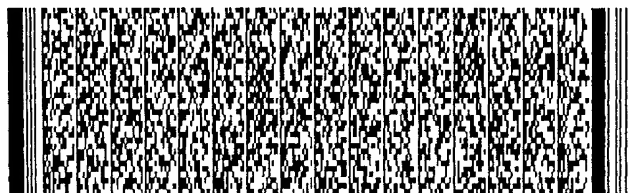
K為輪廓參數的維數，

N為對於以量測裝置實施的各測量之光譜數據點數目，

S為散射光譜， S^0 為最符合光譜， S^{1+} 為關於第一輪廓參數於正向上選擇值的光譜， S^{1-} 為關於第一輪廓參數於負向上選擇值的光譜，類推至 S^{2K} ，而 S^M 為實測光譜，及

W為加權向量。

加權向量值之最適化受到兩個限制，亦即，第一個，



五、發明說明 (18)

加權向量總合必須等於一及第二個，加權向量值可為等於或大於零。由利用最小化總成本函數之加權向量計算精確的輪廓參數255。繼續矩形輪廓之實例，精確的輪廓參數由下列方程式得到：

$$P^R = (P^0, P^{1+}, P^{1-}, P^{2+}, P^{2-}) \begin{pmatrix} W_0 \\ W_{1+} \\ W_{1-} \\ W_{2+} \\ W_{2-} \end{pmatrix} \quad (4.80)$$

其中 P^R 為代表精確的輪廓參數之向量， P^0 為代表最佳符合光譜的輪廓參數之向量， P^{1+} 及 P^{1-} 分別為代表第一個輪廓參數於正向及負向的輪廓參數之向量， P^{2+} 及 P^{2-} 分別為代表第二個輪廓參數於正向及負向的輪廓參數之向量，以此類推，而 W_0 、 W_{1+} 、 W_{1-} 、 W_{2+} 及 W_{2-} 為輪廓參數點的相對應加權因子。

圖5A為本發明較佳實施例中利用敏感度分析用以輪廓精確化之操作步驟流程圖。在以特定非線性範圍建立資料庫後實施輪廓精確化方法。將自結構實測散射光譜與輪廓資料庫中的光譜比較，並選擇最符合的光譜300。取出關於最符合的輪廓資料庫光譜之輪廓參數310。

於模範實施例中，使用敏感度矩陣方程式來發現調整值以轉變最符合的輪廓參數成為精確的輪廓參數。敏感度矩陣 J 的基本方程式為：



五、發明說明 (19)

$$J = \delta S / \delta P \quad (5.00)$$

其中：

S 為由光學量測裝置實測散射光譜，

δS 為由 P 的變化引發之散射光譜變化，

P 代表輪廓參數，

δP 為輪廓參數值的變化，

K 為輪廓參數的維數，

N 為對於以量測裝置實施的各測量之光譜數據點數目，

$S = (S_1, S_2, \dots, S_N)$ ，其中 S_1 為於測量點 1 實測散射光譜， S_2 為於測量點 2 實測散射光譜，以此類推，及 $P = (P_1, P_2, \dots, P_K)$ ，其中 P_1 為第一個輪廓參數， P_2 為第二個輪廓參數，以此類推。延伸敏感度矩陣得到：

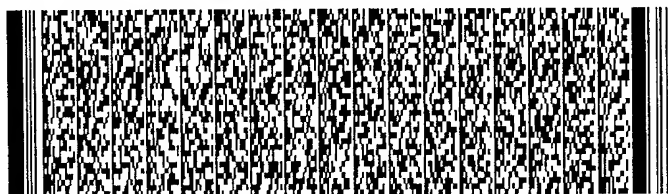
$$J = \left[\frac{\delta S^1}{\delta P_1}, \frac{\delta S^2}{\delta P_2}, \dots, \frac{\delta S^K}{\delta P_K} \right] \quad (5.20)$$

其中 S^1 為長度 N 的列向量， S^2 為長度 N 的列向量，等等。

藉由小量改變一個輪廓參數同時保持其他不變及計算由於輪廓參數之改變造成之光譜中的增量變化而將敏感度矩陣 J 之值算出 320。將此過程對所有其他輪廓參數重複，通式為如下列：

$$J_{ij} = \frac{\delta S_i}{\delta P_j} \quad (5.40)$$

其中 i 為以量測裝置進行測量之光譜數據點，範圍為 1 至

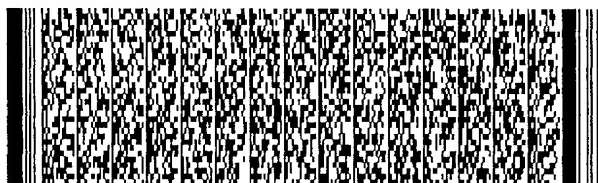


五、發明說明 (20)

N, j 為輪廓參數維數，範圍為1至 K ， J_{ij} 為相對應於輪廓參數 j 變化之敏感度矩陣之值， δS^i 為相對應於 δP_j 變化之光譜變化。 δS 為最符合光譜 S^0 及 S' 之間的差異，其中 S' 為利用光學量測模擬技術對輪廓參數組之值考慮對一個特定輪廓參數增量變化計算的光譜。利用光學量測模擬技術計算光譜的方法係說明於同在申請中的美國專利申請案第09/764780號，由Niu等人於2001年1月25日申請之標題「供快速精確的偶合波分析之內層計算之儲存」中，該案之全文以引用的方式併入本文中。

圖5B為本發明較佳實施例中利用敏感度分析之輪廓精確化圖示說明。提供一輪廓資料庫111假設一具有兩個輪廓參數之結構，此圖包括分別於Y軸及X軸上輪廓參數 P_1 及 P_2 之圖。於圖中每數據點代表具有相對應散射光譜之一組輪廓參數(未示)。例如， P^0 代表最符合光譜 S^0 的輪廓參數， P^M 代表實測光譜 S^M 的輪廓參數， P^{1+} 代表光譜 S^{1+} 的輪廓參數 P_1 於正向上相鄰數據點的輪廓參數， P^{1-} 代表光譜 S^{1-} 的輪廓參數 P_1 於負向上相鄰數據點的輪廓參數，以此類推。對此實例及參照圖7B， δP_1 為輪廓參數 P_1 當於正向上增量的變化而 δP_2 為輪廓參數 P_2 當於負向上增量的變化。應了解，本發明的觀念及原理適用於具有多於兩個輪廓參數之實施例。

計算最符合光譜 S^0 及實測光譜 S^M 之間的差異340。利用敏感度矩陣值及最符合光譜及實測光譜之間的差異計算精確的輪廓參數 P^R 350。



五、發明說明 (21)

於模範實施例中，當由P變化引發的S變化為線性， δS 及 δP 大約分別增加 ΔS 及 ΔP 。利用基本敏感度矩陣方程式及代入 ΔS 及 ΔP 得到方程式：

$$\Delta S = J \Delta P \quad (5.60)$$

$$\text{其中 } \Delta S = (\Delta S_1, \Delta S_2, \dots, \Delta S_N) \quad (5.70)$$

$$\Delta P = (\Delta P_1, \Delta P_2, \dots, \Delta P_K) \quad (5.80)$$

ΔP 由利用下列方程式計算：

$$\Delta P = (J^T J)^{-1} J^T \Delta S \quad (5.90)$$

其中J為以前面步驟計算的敏感度矩陣而 ΔS 為實測光譜及最符合資料庫光譜之間的差異。精確的輪廓參數 P^R 之值由下列方程式得到：

$$P^R = P^0 + \Delta P \quad (6.00)$$

其中 P^0 代表關於最符合光譜之輪廓參數而 ΔP 為衍生自前面步驟之調整值。

圖6為本發明模範實施例中利用叢集輪廓資料庫實例用以輪廓精確化之操作步驟流程圖。如前述，在以特定非線性範圍建立資料庫後實施輪廓精確化方法。將輪廓資料庫之叢集數目決定400。利用叢集算法將輪廓資料庫的輪廓實例分成叢集數自410。選出各輪廓叢集的代表420。叢集輪廓資料庫實例及選擇各輪廓叢集的代表之方法係說明於同在申請中的美國專利申請案第09/737705號，由Doddi等人於2000年12月14日申請之標題「光柵輪廓分級之系統及方法」中，該案之全文以引用的方式併入本文中。

仍參照圖6，將輪廓資料庫中各輪廓參數之調整倍數



五、發明說明 (22)

矩陣推導出 430。於一些運用中，將調整倍數矩陣與特定叢集代表一起儲存。一個模範實施例為解出下列矩陣方程式中的X：

$$AX=B \quad (7.00)$$

其中：

A為大小 $n' \times n$ 之實測光譜矩陣，矩陣之各橫列對應於實測光譜之一個光譜，

B為大小 $n' \times k$ 之輪廓參數矩陣，矩陣之各橫列對應於一個輪廓參數，

k為輪廓參數數目，

n為由光學量測裝置測量之點數，

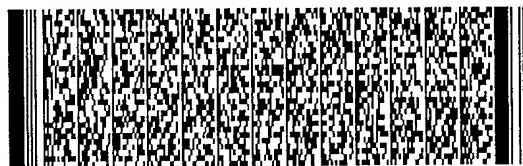
n' 為小於或等於n之數目，及

X為大小 $n \times k$ 之調整倍數矩陣，矩陣之各橫列對應於一個輪廓參數。

將實測光譜與叢集代表的光譜比較並選出最接近符合者440。取得關於最接近符合叢集代表的調整倍數矩陣450。利用調整倍數矩陣及實測光譜矩陣計算精確的輪廓參數460。例如，假設於梯形輪廓中輪廓參數k等於3，亦即，頂CD、底CD、及高度。另外假設由量測裝置使用於波長範圍中實測點數為53，實測光譜為H，精確的頂CD為T，則T等於：

$$HX_{\text{頂-CD}}=T \quad (7.20)$$

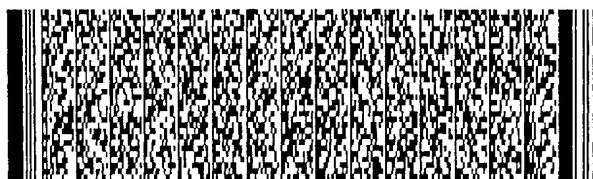
其中 $X_{\text{頂-CD}}$ 為對應於頂CD之調整倍數矩陣之一橫列，調整倍數矩陣關於最接近符合叢集代表。



五、發明說明 (23)

圖7為本發明模範實施例中利用調整倍數及成本函數最佳化用以輪廓精確化之操作步驟流程圖。如前述，在以特定非線性範圍建立資料庫後實施輪廓精確化方法。根據選擇標準，指定一數目，其相當於在輪廓資料庫中為了精確化計算將選出的實例數目500。指定的數目可每次不同。利用選擇標準將資料庫實例之指定數目選出505。輪廓資料庫實例之指定數目選擇可基於接近實測光譜。或者，選擇可基於接近最符合光譜。取得選擇的資料庫光譜實例指定數目之輪廓參數510。推導出轉變光譜矩陣成為輪廓參數矩陣之調整倍數520。由實測光譜乘以相對應的調整倍數計算精確的輪廓參數530。

圖8為本發明模範實施例中利用以回歸為基本的方法用以輪廓精確化之操作步驟流程圖。如前述，在以特定非線性範圍建立資料庫後實施輪廓精確化方法。將自結構實測散射光譜與包含有散射光譜及相關輪廓參數的數據空間中的光譜比較，選擇於數據空間中最符合的光譜700。取出關於數據空間中最符合的光譜之輪廓參數710。選出含有實測散射光譜與最符合的光譜之數據空間子集720。可將數據空間子集設定為類似一形狀如多面體、立方體、或其他三維形狀。選出數據空間子集內的數據點730，選定的數據點代表一組相關輪廓參數。以對應於選定的數據點之輪廓參數計算自一結構模擬散射光譜740。自一結構之模範模擬散射光譜係說明於同在申請中的美國專利申請案第09/764780號，由Niu等人於2001年1月25日申請之標題



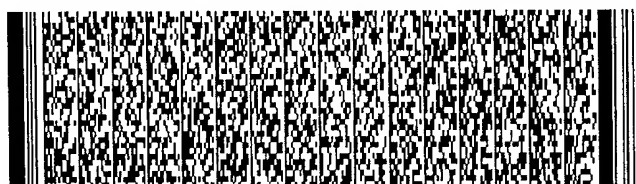
五、發明說明 (24)

「供快速精確的偶合波分析之內層計算之儲存」中，該案之全文以引用的方式併入本文中。

仍參照圖8，將模擬散射光譜與實測光譜比較並將結果針對預設標準評估750。例如，預設標準可為預設誤差量測值或適配度(GOF, goodness of fit)，或任何比較模擬散射光譜與實測散射光譜之近似法。一個於技藝中已熟知之模範相配測試為最小均方誤差演算法。應了解也可使用其他誤差量測演算法。若計算的誤差量測不符合本標準，則使用最適化技術於數據空間內選擇另外的數據點760，並重複模擬散射光譜之計算。模範最適化技術包括全域最適化技術如模擬退火法及局部最適化技術如最陡降演算法。利用最適化技術來產生相當於結構輪廓參數之另外的數據點係說明於同在申請中的美國專利申請案第09/923578號，由Niu等人於2001年8月6日申請之標題「經由以回歸為基本之資料庫產生過程之動態學習之方法及系統」中，該案之全文以引用的方式併入本文中。

仍參照圖8，取得關於符合預設標準之模擬散射光譜的輪廓參數，此等值為精確的輪廓參數790。

圖9A為本發明模範實施例中利用局部細微解析度精確化資料庫方法用以輪廓精確化之操作步驟流程圖。一些精確化資料庫方法假設於資料庫數據點內散射光譜以線性方式回應輪廓參數中的變化。本方法對非線性效果作修正。就以這一點而論，本方法可用於任何輪廓資料庫。選出相較於輪廓資料庫中的散射光譜最符合的測量散射光譜



五、發明說明 (25)

800。取出關於最符合的輪廓資料庫光譜之輪廓參數

810。利用下述程序計算精確的輪廓參數。

為了說明此方法，假設具有 P_1 及 P_2 作為二維之2-維輪廓參數空間，如圖9B中所示。由下式決定第一個精確的輪廓參數數據點820：

$$P^{R1} = P^0 + (J^T J)^{-1} J^T (S^M - S^0) \quad (7.40)$$

其中 S^M 為實測光譜， P^{R1} 為對實測光譜 S^M 的第一個計算精確輪廓參數， P^0 為相當於最符合資料庫光譜 S^0 的輪廓數據點，而 J 為如說明於圖5A中類似方式推導出的敏感度矩陣。若於資料庫數據點內散射光譜回應輪廓參數中的變化為線性，則以下列方程式可將關於 P^{R1} 之精確的光譜 S^R 計算出來：

$$S^R = S^0 + J(P^{R1} - P^0) \quad (7.60)$$

然而，由於非線性效果， S^R 不是輪廓參數數據點 P^{R1} 之「真正數字」或正確散射光譜。為了補償非線性，利用光學量測模擬器實施關於 P^{R1} 之輪廓參數組之散射光學量測光譜精確計算830，產生精確光譜 S^{RA} 。利用光學量測模擬技術計算光譜之方法係說明於同在申請中的美國專利申請案第09/764780號，由Niu等人於2001年1月25日申請之標題「供快速精確的偶合波分析之內層計算之儲存」中，該案之全文以引用的方式併入本文中。利用下列方程式計算第二個計算的或修正的精確輪廓參數數據點 P^{R2} 840：



五、發明說明 (26)

$$P^{R2} = P^{R1} + (J^T J)^{-1} J^T (S^M - S^{RA}) \quad (7.80)$$

$(S^M - S^{RA})$ 小於 $(S^M - S^0)$ ，因此非線性效果較小而精確輪廓參數數據點 P^{R2} 較接近測量光譜 S^M 之實際輪廓參數 P^M 。參照圖 9B，相對應於 S^{RA} 之數據點 P^{R2} 較接近相對應於測量光譜 S^M 之 P^M 。

回到圖 9A，視使用者選擇的自由，可將模擬步驟 830 及修正輪廓參數數據點之計算重複許多次 850。當重做次數增加，非線性效果降低，造成更正確細微輪廓參數。

圖 10 為本發明模範實施例中利用以回歸為基本的方法用以輪廓精確化之操作步驟流程圖。建立涵蓋廣大範圍輪廓參數之粗解析度輪廓資料庫，即一個以大的步長解析度建立者 900。提供一實測光譜，選擇相較於輪廓資料庫中的光譜最符合之測量光譜 910。由利用精確化程序決定精確的輪廓參數 920。對於本實施例，可使用任何先前說明的精確化方法或其他市面上可取得的精確化方法。將一個新的、較窄範圍之輪廓參數環繞精確的輪廓參數建立 930。新的、較窄範圍之輪廓參數之選擇為使用者之自由。例如，對於具有三個輪廓參數之梯形輪廓，亦即頂 CD、底 CD、及高，較窄的頂 CD 範圍可為自精確的輪廓參數於正向上一個增量及於負向上一個增量。較窄的底 CD 範圍可同樣定設定為於正向上一個增量及於負向上一個增量，以此類推。建立以較細微步長解析度環繞精確的輪廓值建立的新範圍輪廓參數之輪廓資料庫 940。例如，粗資料庫



五、發明說明 (27)

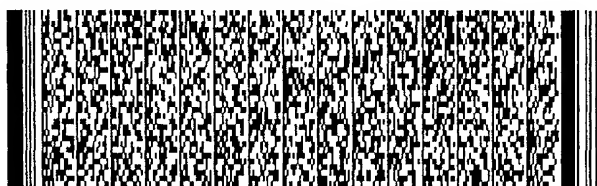
解析度可為20nm。建立較細微步長解析度之第一次重複可造成15nm之解析度，第二次重複可造成8nm之解析度，等等。由利用相同或不同精確化程序，利用建立的新的連續較細微步長解析度資料庫，決定修正的精確輪廓參數

950。視使用者選定的意見，建立輪廓參數範圍的步驟、建立新資料庫、及計算修正的精確輪廓參數可重複許多次
960。當重做次數增加，資料庫解析度以累進地較小空間增加，造成更正確的精確輪廓參數。

圖11為本發明模範實施例中用以證明精確化輪廓參數的正確性對於最佳符合輪廓參數之操作步驟流程圖。通常將精確化正確性檢驗於精確化程序的測試及/或建立輪廓資料庫期間進行。由輪廓參數的特定範圍及特定解析度，將輪廓資料庫建立600。輪廓資料庫之建立係說明於同在申請中的美國專利申請案第09/727530號，由Jakatdar等人於2000年11月28日申請之標題「晶格輪廓之即時資料庫產生的系統及方法」中，該案之全文以引用的方式併入本文中。

利用上述一或多種精確化程序及/或方法實施精確化計算610。決定轉變精確的輪廓參數成為精確的光譜之輪廓至光譜調整倍數Y620。利用說明於圖6中的基本方程式(7.00)計算由輪廓至光譜之調整倍數並將調整倍數矩陣記為Y。利用輪廓至光譜調整倍數Y及精確的輪廓參數計算精確的散射光譜630，如下列矩陣方程式所示：

$$EY=G \quad (8.00)$$



五、發明說明 (28)

其中：

G 為大小 $l \times n$ 之精確的光譜矩陣，矩陣之各橫列對應於測量光譜之一個測量，

E 為大小 $l \times k$ 之精確的輪廓參數矩陣，矩陣之各橫列對應於一個輪廓參數，

k 為輪廓參數數目，

Y 為大小 $k \times n$ 之調整倍數矩陣，矩陣之各橫列對應於一個輪廓參數。

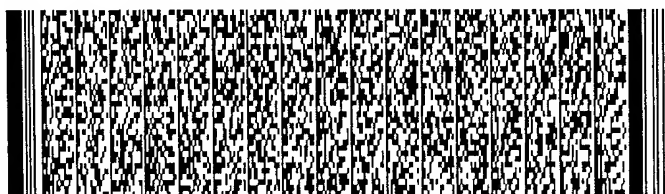
將精確的光譜相對於實測光譜之正確性與最符合光譜相對於實測光譜之正確性比較640。一個方法包含比較精確的光譜相對於最符合光譜之成本函數與實測光譜相對於最符合光譜之成本函數。由下列方程式說明成本函數比較。

假設 V_1 及 V_2 為大小 n 之兩個向量，則 V_1 相對於 V_2 之成本函數為：

$$\text{成本}(V_1, V_2) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (V_{1i} - V_{2i})^2} \quad (8.20)$$

可計算對於 V_1 相對於 V_3 (第三個大小為 n 之向量) 之類似成本函數。

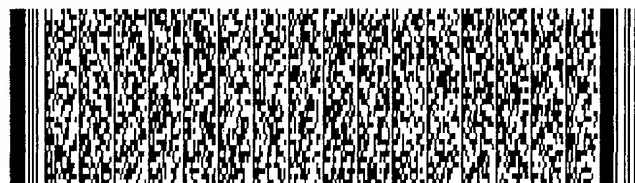
應了解可使用其他成本最適化技術；再者，也可使用其他技術來比較矩陣及向量的相對正確性。再參照圖11，若精確的光譜比最符合光譜更正確650，或符合臨界值適配度，則精確化測試為充分。例如，若 V_1 為實測光譜， V_2



五、發明說明 (29)

為精確的光譜，而 V_3 為最符合光譜，則若成本 $(V_1, V_2) <$ 成本 (V_1, V_3) ，將精確化測試視為充分。否則，將資料庫編輯之參數調整或實施校正動作660並將方法於步驟610處開始重做。校正動作之數個實例包括於計算精確的解析度期間以較高解析度或降低臨界值誤差再建輪廓資料庫。或者，可使用其他上述或市面上已知之精確化程序。

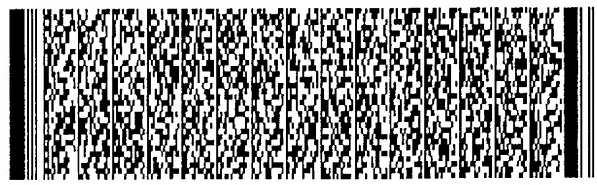
圖12為本發明模範實施例中含有輪廓評估計之系統的建築流程圖。將一個IC製造系統129如平版印刷、蝕刻、或剝離單元連接至量測系統121。量測系統可為光學、電、電子、或機械量測系統。光學量測系統之實例包括散射度量裝置如分光橢圓儀及反射儀。電子量測系統之實例包括CD-掃描電子顯微鏡(CD-SEM, CD-scanning electron microscope)、穿透式電子顯微鏡(TEM, transmission electron microscope)、及聚焦離子束(FIB, focused ion beam)裝置。機械量測系統之實例包括原子力顯微鏡(AFM, atomic force microscope)而電量測系統之實例包括電容測量單元。將量測系統121連接至輪廓運用伺服器123及或者至輪廓評估計125。量測系統121測量IC結構及產生實測訊號並傳送到實測訊號至輪廓運用伺服器123。輪廓運用伺服器123取得輪廓資料庫127以便找出輪廓資料庫127中最符合的訊號。若不符合預定可接受的標準，例如，不符合誤差量度，則行使輪廓評估計125。或者，基於某些其他標準可將輪廓評估計125啟動或由輪廓運用伺服器123自動行使。於一些運用中，可將輪廓評估計125自



五、發明說明 (30)

動及/或直接地受量測系統121啟動。輪廓評估計125直接或經由輪廓運用伺服器123取得輪廓資料庫127。輪廓評估計125傳送精確的輪廓參數回到輪廓運用伺服器123而輪廓運用伺服器123轉而使得資訊可獲得於IC製造系統129。或者，輪廓評估計125傳送精確的輪廓參數回到量測系統121。輪廓資料庫127可為儲存裝置中的物理資料庫或儲存於電腦記憶體中的數據或儲存於儲存裝置中的數據。精確的輪廓參數為利用精確化方法及程序(其中幾種說明於下)計算所得之輪廓參數。輪廓評估計125為能夠執行精確化方法及程序之裝置、軟體、或固件。

圖13A為說明本發明模範實施例中連接至輪廓評估計之詢問裝置的建築圖。輪廓詢問裝置81與輪廓評估計84交互作用以決定對應於實測訊號83之精確的輪廓參數。由輪廓詢問裝置81來的詢問可為自動啟動或為測量訊號83與輪廓資料庫89中的訊號相符庫訊號之間誤差者。產生比較過程，誤差度量標準不符合的結果。最接近或最佳符合資料庫訊號為最小化測量訊號及輪廓資料適當結果之一個誤差量度為差異平方值總合誤差，其中將測量訊號與輪廓資料庫中的訊號之間誤差最小化。應了解其他誤差量度可產生同樣適當結果。輪廓詢問裝置81也可基於硬體、固件、或軟體要求啟動輪廓評估計84。輪廓詢問裝置81可為能夠送出測量訊號83至輪廓評估計84及能夠接受精確的輪廓參數82之微控制器、電腦、或裝設積體控制單元之IC製造設備。於模範實施例中，輪廓評估計84傳送將使用於精確化

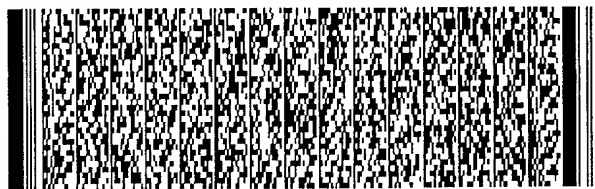


五、發明說明 (31)

過程中的資料庫數據86之要求85至輪廓資料庫伺服器87。回應要求，輪廓資料庫伺服器87取得包含有訊號及輪廓數據之輪廓資料庫89並傳送此等資料庫數據86至輪廓評估計84。於另一實施例中，輪廓評估計84直接取得用於精確化過程所需之輪廓及訊號數據之輪廓資料庫89。

圖13B為說明本發明模範實施例中行使許多精確化工具的輪廓評估計之建築圖。輪廓評估計91可發動一或多類型精確化工具以得到基於特定接受標準之理想精確化結果。精確化工具可為能夠實施精確化特定測量訊號及含有訊號及相關的輪廓參數之數據空間的操作步驟之軟體、固件、或硬體。可使用加權平均最佳化工具93、敏感度分析器95、叢集向量估算工具97、動態叢集調整器99、或其他成本函數最佳化工具101利用實測訊號及一組訊號及相關的輪廓參數來產生精確的輪廓參數。可使用以回歸為基本的最佳化工具103其中將於訊號及輪廓參數的數據空間中的數據點連續地與實測光譜比較而評估配適度。

或者，輪廓評估計91利用局部化的細微解析度資料庫程序105或反覆資料庫精確化程序107可發動精確化工具。其他精確化工具109可使用精確化技術如雙線性精確化、拉格朗日(Lagrange)精確化、曲線近似法(Cubic Spline)精確化、埃德肯(Aitken)精確化、加權平均精確化、多-二次式精確化、圖忍(Turran)精確化、微波精確化、貝賽爾(Bessel's)精確化、艾佛列特(Everett)精確化、有限差精確化、高斯(Gauss)精確化、埃爾米特(Hermite)精



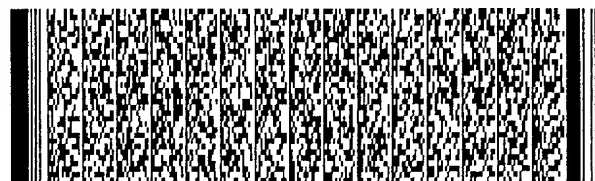
五、發明說明 (32)

確化、牛頓除式差分精確化、曲率精確化、蒂勒(Thiele)精確化演算法或其他精確化演算法。

輪廓評估計一般需要輪廓參數及光譜數據點之間特定的非線性範圍以便產生提供特定程度精確度之結構的精確輪廓參數。為了達到一致結果，需要線性測試或程序。輪廓資料庫數據點之間的非線性程度由經驗方法或藉由利用數學演算法可確認。

提供前面說明的本發明實施例作為解釋及說明。其非用來限制本發明於說明的明確形式。例如，如上述，本發明的觀念及原理將適用於其他精確化演算法、程序、及/或方法。再者，如圖12中所說明，本發明的觀念及原理適用於測量來自IC結構之訊號及使訊號關聯至結構的輪廓之許多類型量測裝置。上述精確化原理同樣適用於輪廓資料庫存在或無預存輪廓資料庫的情況。在無預存輪廓資料庫的情況，可使用訊號模擬器以計算訊號及相對應輪廓參數之數據空間的數據點，數據空間因而代替輪廓資料庫的功用。除了光學量測模擬器，其他量測模擬器實施類似於光學量測模擬器模擬訊號成一組輪廓參數之功能。

特別是，吾人預期說明於本文之本發明功能的實現可於硬體、軟體、固件、及/或其他可獲得的功能性成分或構件中實現。鑒於上述教導，其他改變及實施例為可能，因此希望本發明之範圍不受此【實施方式】限制，而是受下面申請專利範圍限制。



圖式簡單說明

五、【圖式簡單說明】

圖1係顯示利用光學量測而測量積體電路循環結構的散射光譜之建築圖。

圖2A顯示相較於輪廓資料庫中散射光譜圖實例之實測散射光譜圖。

圖2B顯示相較於輪廓資料庫中輪廓實例之實測循環結構之結構輪廓。

圖3為本發明一個模範實施例中用以產生具有特定程度之非線性輪廓資料庫之操作步驟流程圖。

圖4A為本發明模範實施例中由最小化成本函數用以輪廓精確化之操作步驟流程圖。

圖4B及4C為本發明模範實施例中利用成本最佳化之輪廓精確化圖示說明。

圖5A為本發明較佳實施例中利用敏感度分析用以輪廓精確化之操作步驟流程圖。

圖5B為本發明較佳實施例中利用敏感度分析之輪廓精確化圖示說明。

圖6為本發明模範實施例中利用叢集輪廓資料庫實例用以輪廓精確化之操作步驟流程圖。

圖7為本發明模範實施例中利用調整倍數及成本函數最佳化用以輪廓精確化之操作步驟流程圖。

圖8為本發明模範實施例中利用以回歸為基本的方法用以輪廓精確化之操作步驟流程圖。

圖9A為本發明模範實施例中利用局部細微解析度精確



圖式簡單說明

化資料庫方法用以輪廓精確化之操作步驟流程圖。

圖9B為本發明模範實施例中利用局部細微解析度精確化資料庫方法之輪廓精確化圖示說明。

圖10為本發明模範實施例中利用以回歸為基本的方法用以輪廓精確化之操作步驟流程圖。

圖11為本發明模範實施例中用以證明精確化輪廓參數的正確性對於最佳符合輪廓參數之操作步驟流程圖。

圖12為本發明模範實施例中含有輪廓評估計之系統的建築流程圖。

圖13A為說明本發明模範實施例中連接至輪廓評估計之詢問裝置的建築圖。

圖13B為說明本發明模範實施例中行使許多成本最佳計及精確工具的輪廓評估計之建築圖。

元件符號說明：

40~光學量測系統

41 ~量測照射源

43 ~量測光線

45~入射角

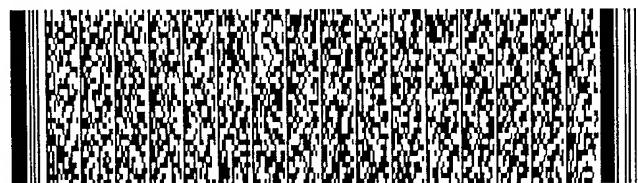
47~晶圓

49~散射光線

51~量測光線接受器

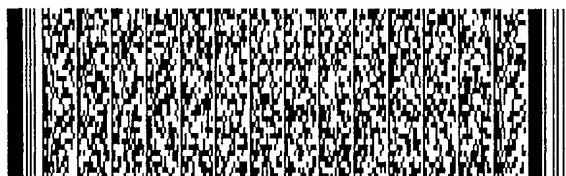
53~量測輪廓計系統

55~量測平台



圖式簡單說明

- 57~ 散射光線數據
- 59~ 目標循環結構
- 61~ 實測散射光譜
- 63、65~ 資料庫光譜
- 71、75~ 資料庫輪廓
- 73~ 實測光譜輪廓
- 81~ 輪廓詢問裝置
- 82~ 精確的輪廓參數
- 83~ 實測訊號
- 84~ 輪廓評估計
- 85~ 要求
- 86~ 資料庫數據
- 87~ 輪廓資料庫伺服器
- 89~ 輪廓資料庫
- 91~ 輪廓評估計
- 93~ 加權平均最佳化工具
- 95~ 敏感度分析器
- 97~ 叢集向量估算工具
- 99~ 動態叢集調整器
- 101~ 成本函數最佳化工具
- 103~ 以回歸為基本的最佳化工具
- 105~ 局部化的細微解析度資料庫程序
- 107~ 反覆資料庫精確化程序
- 109~ 其他精確化工具



圖式簡單說明

111~輪廓資料庫

121~量測系統

123~輪廓運用伺服器

125~輪廓評估計

127~輪廓資料庫

129~IC製造系統



六、申請專利範圍

1. 一種自實測訊號決定積體電路結構輪廓之方法，此方法包含：

以量測裝置測量自結構發射的訊號，此測量產生一實測訊號；

於輪廓數據空間中選擇實測訊號之最佳符合者，輪廓數據空間具有具指定非線性範圍之數據點，數據點代表輪廓參數及相關訊號，輪廓參數表示積體電路結構輪廓的特性，最佳符合者為具有最接近測量訊號的訊號之輪廓數據空間的數據點；以及

利用精確化程序，基於選擇的訊號之輪廓參數，決定相當於實測訊號之精確輪廓參數；

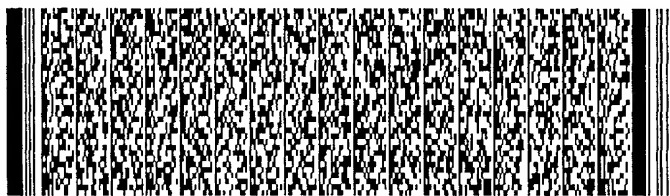
其中精確化程序包含一連串步驟，設計來利用實測訊號、關於最佳符合訊號之數據、及其他來自及/或推導自輪廓數據空間之數據決定精確的輪廓參數。

2. 如申請專利範圍第1項之自實測訊號決定積體電路結構輪廓之方法，其中於輪廓數據空間中選擇實測訊號之最佳符合者，輪廓數據空間具有具指定非線性範圍之數據點，包含有：

指定輪廓數據空間數據點之間非線性範圍；以及

證實輪廓數據空間數據點之間指定的非線性範圍。

3. 如申請專利範圍第2項之自實測訊號決定積體電路結構輪廓之方法，其中指定輪廓數據空間數據點之間非線性範



六、申請專利範圍

圍包含有對各輪廓參數建立一臨界值誤差。

4. 如申請專利範圍第2項之自實測訊號決定積體電路結構輪廓之方法，其中證實輪廓數據空間數據點之間指定的非線性範圍包含有：

計算輪廓數據空間中數據點的精確解析度，將精確解析度設計來確保指定的非線性範圍存在於數據點之間；以及

利用計算的精確解析度建立輪廓數據空間的數據點。

5. 如申請專利範圍第4項之自實測訊號決定積體電路結構輪廓之方法，其中計算輪廓數據空間中數據點的精確解析度包含有：

計算敏感度矩陣，敏感度矩陣為由輪廓參數之變化引發訊號變化之測量；

決定各輪廓參數之最大精確解析度同時保持輪廓數據空間的數據點之間相關非線性範圍。

6. 如申請專利範圍第1項之自實測訊號決定積體電路結構輪廓之方法，其中量測裝置為光學量測裝置、電子量測裝置、電量測裝置或機械量測裝置。

7. 如申請專利範圍第1項之自實測訊號決定積體電路結構輪廓之方法，其中決定相當於實測訊號之精確輪廓參數包



六、申請專利範圍

含有：

於輪廓數據空間中選擇一多面體，此多面體含有最佳符合數據點及具有對應於選定的輪廓參數數據點最近於最佳符合數據點之角落；以及

最小化總成本函數，總成本函數包含有對應於選定的輪廓參數數據點之訊號相對於實測訊號之成本函數及最佳符合訊號相對於實測訊號之成本函數。

8. 如申請專利範圍第7項之自實測訊號決定積體電路結構輪廓之方法，其中選擇的多面體具有一個角落相關於各輪廓參數。

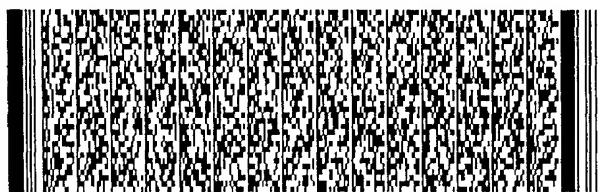
9. 如申請專利範圍第7項之自實測訊號決定積體電路結構輪廓之方法，其中選擇的多面體具有兩個角落相關於各輪廓參數。

10. 如申請專利範圍第7項之自實測訊號決定積體電路結構輪廓之方法，其中最小化總成本函數包含有：

選擇一組加權向量，各加權向量具有向量元素，各向量元素相關於對應於選定數據點的訊號；

計算加權向量組之各加權向量的總成本函數；以及
選擇產生最小總成本函數之加權向量。

11. 如申請專利範圍第10項之自實測訊號決定積體電路結



六、申請專利範圍

構輪廓之方法，進一步包含有：

利用相關於最小總成本函數之加權向量計算精確的輪廓參數。

12. 如申請專利範圍第1項之自實測訊號決定積體電路結構輪廓之方法，其中決定相當於實測訊號之精確輪廓參數包含有：

計算敏感度矩陣，敏感度矩陣為由輪廓參數之變化引發訊號變化之測量；

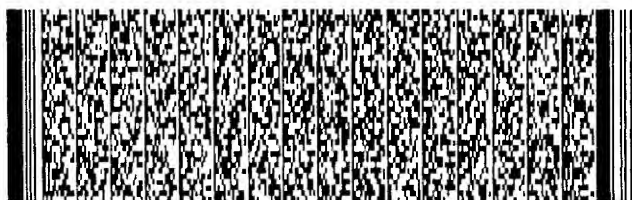
利用計算的敏感度矩陣決定輪廓參數之調整值，以及由加入輪廓參數之調整值至對應於輪廓數據空間中最佳符合數據點的輪廓參數計算精確的輪廓參數。

13. 如申請專利範圍第12項之自實測訊號決定積體電路結構輪廓之方法，其中決定輪廓參數之調整值包含有：

計算最佳符合訊號與實測訊號之差異；

利用最佳符合訊號與實測訊號之差異及計算的敏感度矩陣計算調整值。

14. 如申請專利範圍第1項之自實測訊號決定積體電路結構輪廓之方法，其中決定精確輪廓參數之精確化程序利用雙線性精確化、拉格朗日(Lagrange)精確化、曲線近似法(Cubic Spline)精確化、埃德肯(Aitken)精確化、加權平均精確化、多-二次式精確化、雙立方精確化、圖忍



六、申請專利範圍

(Turran)精確化、微波精確化、貝賽爾(Bessel's)精確化、艾佛列特(Everett)精確化、有限差精確化、高斯(Gauss)精確化、埃爾米特(Hermite)精確化、牛頓除式差分精確化、曲率精確化、或蒂勒(Thiele)精確化演算法。

15. 一種自實測訊號決定積體電路結構輪廓之方法，此方法包含：

以量測裝置測量自結構發射的訊號，此測量產生一測量訊號；

由比較實測訊號與叢集代表的訊號選擇實測訊號之最佳符合者，叢集代表係由輪廓數據空間數據點之叢集選出，叢集代表具有相關調整倍數矩陣用來轉變訊號成為輪廓參數，輪廓數據空間數據點具有指定的非線性範圍，數據點代表輪廓參數及相關訊號，輪廓參數表示積體電路結構輪廓的特性；以及

由實測訊號乘以調整倍數矩陣計算精確的輪廓參數。

16. 如申請專利範圍第15項之自實測訊號決定積體電路結構輪廓之方法，其中由比較實測訊號與叢集代表的訊號選擇實測訊號之最佳符合者包含有：

將輪廓數據空間數據點分類成叢集；

選出各叢集的叢集代表；以及

對各叢集的叢集代表之各輪廓參數推導出調整倍數矩陣。



六、申請專利範圍

17. 如申請專利範圍第15項之自實測訊號決定積體電路結構輪廓之方法，進一步包含有：

針對預設標準測試精確的輪廓參數對最佳符合訊號的輪廓參數之準確性；以及

若精確的輪廓參數不符合預設標準，實施校正動作。

18. 一種自實測訊號決定積體電路結構輪廓之方法，此方法包含：

以量測裝置測量自結構發射的訊號，此測量產生一測量訊號；

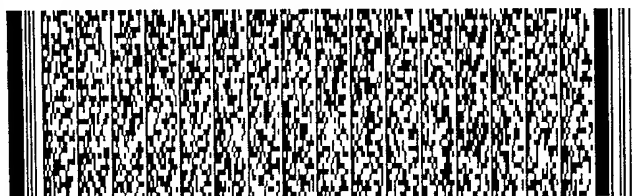
選擇指定數目之輪廓數據空間數據點最接近實測光譜，數據空間之數據點代表輪廓參數及相關訊號，輪廓參數表示積體電路結構輪廓的特性，數據空間之數據點具有指定的非線性範圍；

推導出調整倍數，調整倍數用來轉變關於指定數目之數據點的訊號成為相對應的輪廓參數；以及

由實測訊號乘以調整倍數計算對應於實測訊號之精確的輪廓參數。

19. 一種自實測訊號決定積體電路結構輪廓之方法，此方法包含：

以量測裝置測量自結構發射的訊號，此測量產生一測量訊號；



六、申請專利範圍

於輪廓數據空間中選擇實測訊號之最佳符合者，輪廓數據空間具有具指定非線性範圍之數據點，數據點代表輪廓參數及相關訊號，輪廓參數表示積體電路結構輪廓的特性，最佳符合者為具有最接近測量訊號的訊號之輪廓數據空間的數據點；

選擇指定數目之數據點最接近最佳符合者；

由利用關於選擇的數據點之數據推導出調整倍數，調整倍數用來轉變選擇的數據點之訊號成為相對應的輪廓參數；以及

由實測訊號乘以調整倍數計算對應於實測訊號之精確的輪廓參數。

20. 一種用於決定積體電路結構輪廓之輪廓精確化參數的調整方法，此方法包含：

由利用精確化程序及以指定的解析度建立之輪廓數據空間決定對應於實測訊號之精確輪廓參數，輪廓數據空間具有數據點，數據點代表輪廓參數及相關訊號，輪廓參數表示積體電路結構輪廓的特性；

推導出一倍數來轉變輪廓參數至相對應的計算的訊號，推導利用關於選定之數據點的數據；

利用倍數及實測訊號之精確的輪廓參數計算一訊號；

比較計算的訊號相對於實測訊號之配適度與由輪廓數據空間的最佳符合訊號相對於實測訊號之配適度，最佳符合訊號係由比較實測訊號與輪廓數據空間數據點相關的訊



六、申請專利範圍

號而得；以及

選擇最接近實測訊號之計算的訊號；

其中精確化程序包含一連串步驟，設計來利用實測訊號、關於最佳符合訊號之數據、及其他來自及/或推導自輪廓數據空間之數據決定精確的輪廓參數。

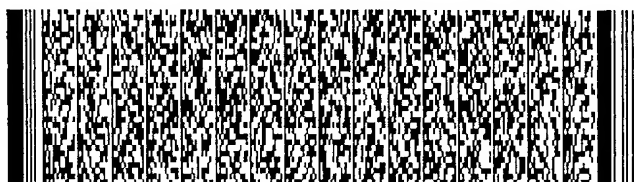
21. 如申請專利範圍第20項之用於決定積體電路結構輪廓之輪廓精確化參數的調整方法，其中配適度比較係由比較計算的訊號相對於實測訊號之成本函數與最佳符合訊號相對於實測訊號之成本函數而進行。

22. 如申請專利範圍第20項之用於決定積體電路結構輪廓之輪廓精確化參數的調整方法，進一步包含有：

實施校正動作以改善計算的訊號相對於實測訊號之配適度。

23. 如申請專利範圍第22項之用於決定積體電路結構輪廓之輪廓精確化參數的調整方法，其中實施校正動作包含有以比原先解析度較高的解析度再建立輪廓數據空間。

24. 如申請專利範圍第20項之用於決定積體電路結構輪廓之輪廓精確化參數的調整方法，其中實施校正動作包含有改變精確化程序至不同精確化程序。



六、申請專利範圍

25. 一種自實測訊號決定積體電路結構輪廓之方法，此方法包含：

以量測裝置測量自結構發射的訊號，此測量產生一測量訊號；

於輪廓數據空間中選擇實測訊號之最佳符合者，數據點代表輪廓參數及相關訊號，輪廓參數表示積體電路結構輪廓的特性，最佳符合者為具有最接近測量訊號的訊號之輪廓數據空間的數據點；

選出輪廓數據空間子集內的第一個數據點，輪廓數據空間子集含有實測訊號及最接近關於最佳符合訊號數據點之數據點；

以對應於選定的第一個數據點之輪廓參數模擬自結構發射的訊號；

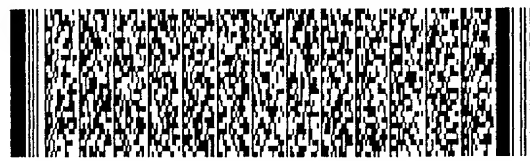
證實符合輪廓精確化預設標準，輪廓精確化預設標準包含有模擬的訊號相對於實測訊號之配適度量測；以及

取得關於符合輪廓精確化預設標準之模擬訊號的輪廓參數。

26. 如申請專利範圍第25項之自實測訊號決定積體電路結構輪廓之方法，其中證實符合輪廓精確化預設標準包含有：

測試誤差度量是否於輪廓精確化預設標準內，誤差度量測量模擬的訊號相對於實測訊號之配適度；以及

若誤差度量於輪廓精確化預設標準外，實施最適化技



六、申請專利範圍

術以於數據空間子集內選擇下一數據點，使用下一數據點來決定下一模擬的訊號。

27. 如申請專利範圍第26項之自實測訊號決定積體電路結構輪廓之方法，其中於數據空間子集內選擇下一數據點之最適化技術包含有運用全域最適化技術及/或局部最適化技術。

28. 如申請專利範圍第25項之自實測訊號決定積體電路結構輪廓之方法，其中將輪廓數據空間以由量測模擬方法產生的數據點分布，量測模擬方法由輪廓參數之集合計算自結構發射的訊號。

29. 一種自實測訊號決定積體電路結構輪廓之方法，此方法包含：

以量測裝置測量自結構發射的訊號，此測量產生一測量訊號；

於輪廓數據空間中選擇實測訊號之最佳符合者，數據點代表輪廓參數及相關訊號，輪廓參數表示積體電路結構輪廓的特性，最佳符合者為具有最接近測量訊號的訊號之輪廓數據空間的數據點；

計算敏感度矩陣，敏感度矩陣為由輪廓參數之變化引發訊號變化之測量；

利用計算的敏感度矩陣及最佳符合輪廓參數決定第一



六、申請專利範圍

組精確的輪廓參數；

利用第一組精確的輪廓參數模擬第一個訊號；以及
利用計算的敏感度矩陣及第一組精確的輪廓參數決定
第二組精確的輪廓參數。

30. 如申請專利範圍第29項之自實測訊號決定積體電路結構輪廓之方法，進一步包含有：

利用第二組精確的輪廓參數模擬第二個訊號；以及
利用計算的敏感度矩陣及第二組精確的輪廓參數決定
第三組精確的輪廓參數。

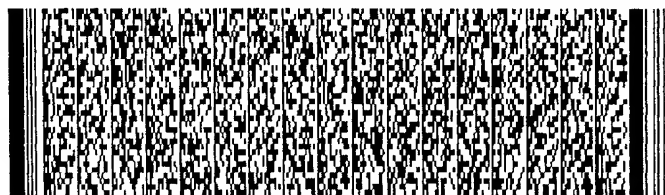
31. 一種自實測訊號決定積體電路結構輪廓之方法，此方法包含：

以量測裝置測量自結構發射的訊號，此測量產生一測量訊號；

於輪廓數據空間中選擇實測訊號之最佳符合者，數據點代表輪廓參數及相關訊號，輪廓參數表示積體電路結構輪廓的特性，最佳符合者為具有最接近測量訊號的訊號之輪廓數據空間的數據點；

利用精確化程序決定第一組精確的輪廓參數，精確化程序為一連串步驟，設計來利用實測訊號、關於最佳符合訊號之數據、及其他來自及/或推導自輪廓數據空間之數據決定精確的輪廓參數；

建立輪廓參數之範圍環繞第一組精確的輪廓參數；



六、申請專利範圍

利用環繞第一組精確的輪廓參數建立的範圍建立第二組精確的輪廓參數；以及

利用精確化程序決定第二組精確的輪廓參數；

其中精確化程序包含一連串步驟，設計來利用實測訊號、關於最佳符合訊號之數據、及其他來自及/或推導自輪廓數據空間之數據決定精確的輪廓參數。

32. 如申請專利範圍第31項之自實測訊號決定積體電路結構輪廓之方法，進一步包含有：

利用環繞第二組精確的輪廓參數建立的範圍建立第三組精確的輪廓參數；以及

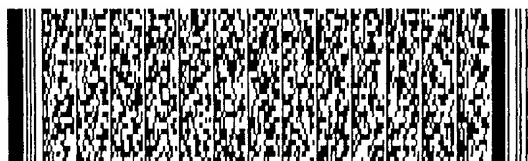
利用精確化程序決定第三組精確的輪廓參數。

33. 一種自實測散射光譜決定積體電路結構輪廓之方法，此方法包含：

以量測裝置測量自結構發射的散射光譜，測量產生一實測散射光譜；

於輪廓資料庫中選擇實測散射光譜之最佳符合者，輪廓資料庫具有具指定的非線性範圍之實例，輪廓資料庫實例包括輪廓參數及相關散射光譜，輪廓參數表示積體電路結構輪廓的特性，最佳符合者為具有最接近測量散射光譜的散射光譜之輪廓資料庫實例；以及

利用精確化程序，基於選擇的訊號之輪廓參數，決定相當於實測訊號之精確輪廓參數；



六、申請專利範圍

其中精確化程序包含一連串步驟，設計來利用實測訊號、關於最佳符合訊號之數據、及其他來自及/或推導自輪廓數據空間之數據決定精確的輪廓參數。

34. 如申請專利範圍第33項之自實測散射光譜決定積體電路結構輪廓之方法，其中於輪廓資料庫中選擇實測散射光譜之最佳符合者包含有：

指定輪廓資料庫實例之間非線性範圍；以及

證實指定的非線性範圍存在於輪廓資料庫實例之間。

35. 如申請專利範圍第34項之自實測散射光譜決定積體電路結構輪廓之方法，其中指定非線性範圍包含有對各輪廓參數建立一臨界值誤差。

36. 如申請專利範圍第34項之自實測散射光譜決定積體電路結構輪廓之方法，其中證實指定的非線性範圍存在於輪廓資料庫實例之間包含有：

計算輪廓資料庫中實例的精確解析度，將精確解析度設計來確保指定的非線性範圍存在於輪廓資料庫中實例之間；以及

利用輪廓參數範圍及計算的精確解析度建立輪廓資料庫。

37. 如申請專利範圍第36項之自實測散射光譜決定積體電



六、申請專利範圍

路結構輪廓之方法，其中計算輪廓資料庫中實例的精確解析度包含有：

計算敏感度矩陣，敏感度矩陣為由輪廓參數之變化引發訊號變化之測量；

決定各輪廓參數之最大精確解析度同時保持輪廓資料庫中實例之間指定的非線性範圍。

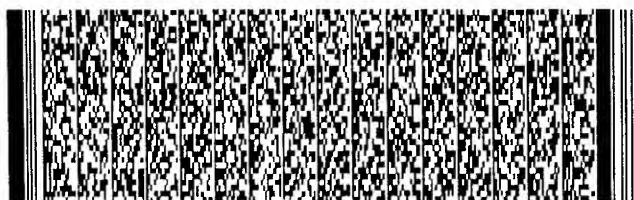
38. 如申請專利範圍第33項之自實測散射光譜決定積體電路結構輪廓之方法，其中決定相當於實測訊號之精確輪廓參數包含有：

於輪廓數據空間中選擇一多面體，輪廓數據空間具有代表輪廓資料庫實例之數據點，多面體含有最佳符合數據點及具有對應於選定的數據點最近於最佳符合數據點之角落，最佳符合數據點對應於輪廓資料庫之最佳符合實例；以及

最小化總成本函數，總成本函數包含有對應於選定的數據點之散射光譜相對於實測散射光譜之成本函數及最佳符合散射光譜相對於實測散射光譜之成本函數。

39. 如申請專利範圍第38項之自實測散射光譜決定積體電路結構輪廓之方法，其中選擇的多面體具有一個角落相關於各輪廓參數。

40. 如申請專利範圍第38項之自實測散射光譜決定積體電



六、申請專利範圍

路結構輪廓之方法，其中選擇的多面體具有兩個角落相關於各輪廓參數。

41. 如申請專利範圍第38項之自實測散射光譜決定積體電路結構輪廓之方法，其中最小化總成本函數包含有：

選擇一組加權向量，各加權向量具有向量元素，各向量元素相關於對應於選定數據點的散射光譜；

利用加權向量組之加權向量計算總成本函數；以及

選擇關於最小總成本函數之加權向量。

42. 如申請專利範圍第41項之自實測散射光譜決定積體電路結構輪廓之方法，進一步包含有：

利用相關於最小總成本函數之加權向量計算精確的輪廓參數。

43. 如申請專利範圍第33項之自實測散射光譜決定積體電路結構輪廓之方法，其中決定相當於實測訊號之精確輪廓參數包含有：

計算敏感度矩陣，敏感度矩陣為由輪廓參數之變化引發訊號變化之測量；

利用敏感度矩陣決定輪廓參數之調整值；以及

由加入輪廓參數之調整值至對應於輪廓資料庫中最佳符合實例的輪廓參數計算精確的輪廓參數。



六、申請專利範圍

44. 如申請專利範圍第43項之自實測散射光譜決定積體電路結構輪廓之方法，其中決定輪廓參數之調整值包含有：

計算最佳符合光譜與實測訊號之差異；

利用最佳符合光譜與實測光譜之差異及計算的敏感度矩陣計算調整值。

45. 如申請專利範圍第33項之自實測散射光譜決定積體電路結構輪廓之方法，其中決定精確輪廓參數之精確化程序利用雙線性精確化、拉格朗日(Lagrange)精確化、曲線近似法(Cubic Spline)精確化、埃德肯(Aitken)精確化、加權平均精確化、多-二次式精確化、雙立方精確化、圖忍(Turran)精確化、微波精確化、貝賽爾(Bessel's)精確化、艾佛列特(Everett)精確化、有限差精確化、高斯(Gauss)精確化、埃爾米特(Hermite)精確化、牛頓除式差分精確化、曲率精確化、或蒂勒(Thiele)精確化演算法。

46. 一種自實測散射光譜決定積體電路結構輪廓之方法，此方法包含：

以量測裝置測量自結構發射的散射光譜，測量產生一實測散射光譜；

由比較實測散射光譜與叢集代表的散射光譜選擇實測散射光譜之最佳符合者，叢集代表具有相關調整倍數矩陣用來轉變散射光譜成為輪廓參數，叢集代表係由輪廓資料



六、申請專利範圍

庫實例之叢集選出，輪廓資料庫實例包括散射光譜及輪廓參數，輪廓參數表示積體電路結構輪廓的特性，輪廓資料庫實例係以指定的非線性範圍建立；以及

由實測散射光譜乘以調整倍數矩陣計算精確的輪廓參數。

47. 如申請專利範圍第46項之自實測散射光譜決定積體電路結構輪廓之方法，其中由比較實測散射光譜與叢集代表的散射光譜選擇實測散射光譜之最佳符合者包含有：

將輪廓資料庫實例分類成叢集；

選出各叢集的叢集代表；以及

對各叢集的叢集代表之各輪廓參數推導出調整倍數矩陣。

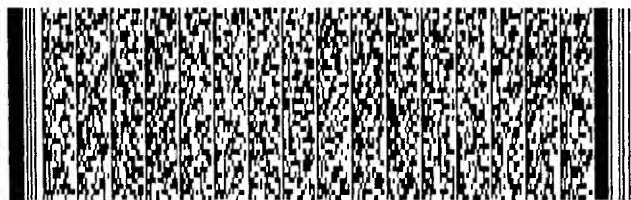
48. 如申請專利範圍第46項之自實測散射光譜決定積體電路結構輪廓之方法，進一步包含有：

針對預設標準測試精確的輪廓參數對最佳符合訊號的輪廓參數之準確性；以及

若精確的輪廓參數不符合預設標準，實施校正動作。

49. 一種自實測散射光譜決定積體電路結構輪廓之方法，此方法包含：

以量測裝置測量自結構發射的散射光譜，測量產生一實測散射光譜；



六、申請專利範圍

選擇指定數目之輪廓資料庫實例最接近實測散射光譜，輪廓資料庫實例包括散射光譜及輪廓參數，輪廓參數表示積體電路結構輪廓的特性，輪廓資料庫實例以指定的非線性範圍建立；

推導出調整倍數，調整倍數用來轉變指定數目之輪廓資料庫實例的散射光譜成為相對應的輪廓參數；以及

由實測散射光譜乘以調整倍數計算精確的輪廓參數。

50. 一種自實測散射光譜決定積體電路結構輪廓之方法，此方法包含：

以量測裝置測量自結構發射的散射光譜，測量產生一實測散射光譜；

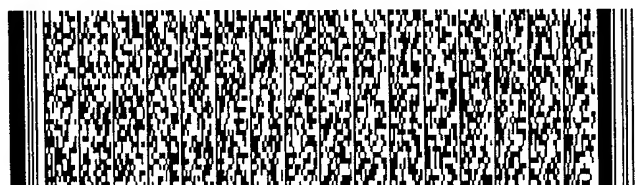
於輪廓資料庫中選擇實測散射光譜之最佳符合者，輪廓資料庫具有具指定非線性範圍之實例，輪廓資料庫實例代表輪廓參數及相關散射光譜，輪廓參數表示積體電路結構輪廓的特性，最佳符合者為具有最接近測量散射光譜的散射光譜之輪廓資料庫實例；

選擇指定數目之輪廓資料庫實例最接近最佳符合光譜；

推導出調整倍數，調整倍數用來轉變指定數目之輪廓資料庫實例的散射光譜成為相對應的輪廓參數；以及

由實測散射光譜乘以調整倍數計算精確的輪廓參數。

51. 一種用於決定積體電路結構輪廓之輪廓精確化參數的



六、申請專利範圍

調整方法，此方法包含：

以量測裝置測量自結構發射的散射光譜，測量產生一實測散射光譜；

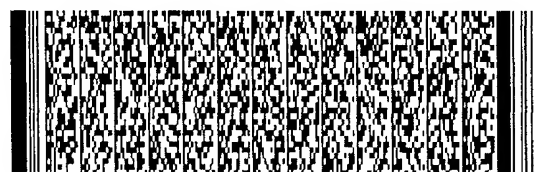
由利用精確化程序及以指定的解析度建立之輪廓資料庫決定對應於實測散射光譜之精確輪廓參數，輪廓資料庫具有實例，實例具有輪廓參數及相關散射光譜，輪廓參數表示積體電路結構輪廓的特性，精確化程序為一連串步驟，設計來利用實測散射光譜、關於最佳符合散射光譜之數據、及其他來自及/或推導自輪廓資料庫之數據決定精確的輪廓參數；

推導出一倍數來轉變輪廓參數至相對應的計算的散射光譜，推導利用關於選定之輪廓資料庫實例的數據；

利用倍數及實測散射光譜之精確的輪廓參數計算一散射光譜；

比較計算的散射光譜相對於實測散射光譜之配適度與由輪廓資料庫的最佳符合散射光譜相對於實測散射光譜之配適度，最佳符合散射光譜係由比較實測散射光譜與輪廓資料庫實例相關的散射光譜及選擇最接近實測散射光譜之散射光譜而得。

52. 如申請專利範圍第51項之用於決定積體電路結構輪廓之輪廓精確化參數的調整方法，其中配適度比較係由比較計算的散射光譜相對於實測散射光譜之成本函數與最佳符合散射光譜相對於實測散射光譜之成本函數而進行。



六、申請專利範圍

53. 如申請專利範圍第51項之用於決定積體電路結構輪廓之輪廓精確化參數的調整方法，進一步包含有：

實施校正動作以改善計算的散射光譜相對於實測散射光譜之配適度。

54. 如申請專利範圍第53項之用於決定積體電路結構輪廓之輪廓精確化參數的調整方法，其中實施校正動作包含有以比原先解析度較高的解析度再建立輪廓資料庫。

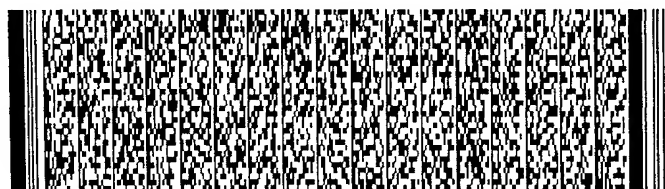
55. 如申請專利範圍第53項之用於決定積體電路結構輪廓之輪廓精確化參數的調整方法，其中實施校正動作包含有改變精確化程序至不同精確化程序。

56. 一種自實測散射光譜決定積體電路結構輪廓之方法，此方法包含：

以量測裝置測量自結構發射的散射光譜，測量產生一實測散射光譜；

於輪廓資料庫中選擇實測散射光譜之最佳符合者，輪廓資料庫具有具指定非線性範圍之實例，輪廓資料庫實例包括輪廓參數及相關散射光譜，輪廓參數表示積體電路結構輪廓的特性，最佳符合者為具有最接近測量散射光譜的散射光譜之輪廓資料庫實例；

選出輪廓數據空間子集內的第一個數據點，輪廓數據



六、申請專利範圍

空間子集含有最佳符合散射光譜的輪廓參數及最接近最佳符合散射光譜輪廓參數之輪廓參數；

以對應於選定的第一個數據點之輪廓參數模擬自結構發射的散射光譜；

證實符合輪廓精確化預設標準，輪廓精確化預設標準包含有模擬的散射光譜相對於實測散射光譜之配適度量測；以及

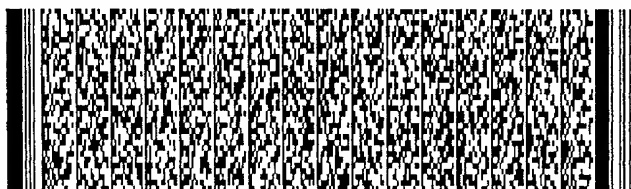
取得關於符合輪廓精確化預設標準之模擬散射光譜的輪廓參數。

57. 如申請專利範圍第56項之自實測散射光譜決定積體電路結構輪廓之方法，其中證實符合輪廓精確化預設標準包含有：

測試誤差度量是否於輪廓精確化預設標準內，誤差度量測量模擬的散射光譜相對於實測光譜之配適度；以及

若誤差度量於輪廓精確化預設標準外，實施最適化技術以於數據空間子集內選擇下一數據點，使用下一數據點來決定下一模擬的散射光譜。

58. 如申請專利範圍第57項之自實測散射光譜決定積體電路結構輪廓之方法，其中於數據空間子集內選擇下一數據點之最適化技術包含有運用全域最適化技術及/或局部最適化技術。



六、申請專利範圍

59. 如申請專利範圍第56項之自實測散射光譜決定積體電路結構輪廓之方法，其中將輪廓數據空間以由光學量測模擬方法產生的數據點分布，光學量測模擬方法以特定解析度由輪廓參數之集合計算自結構發射的散射光譜。

60. 一種自實測散射光譜決定積體電路結構輪廓之方法，此方法包含：

以量測裝置測量自結構發射的散射光譜，測量產生一實測散射光譜；

於輪廓資料庫中選擇實測散射光譜之最佳符合者，輪廓資料庫具有具指定非線性範圍之實例，輪廓資料庫實例包括輪廓參數及相關散射光譜，輪廓參數表示積體電路結構輪廓的特性，最佳符合者為具有最接近測量散射光譜的散射光譜之輪廓資料庫實例；

計算敏感度矩陣，敏感度矩陣為由輪廓參數之變化引發散射光譜變化之測量；

利用計算的敏感度矩陣及最佳符合輪廓參數決定第一組精確的輪廓參數；

利用第一組精確的輪廓參數模擬第一個散射光譜；以及

利用計算的敏感度矩陣及第一組精確的輪廓參數決定第二組精確的輪廓參數。

61. 如申請專利範圍第60項之自實測散射光譜決定積體電



六、申請專利範圍

路結構輪廓之方法，進一步包含有：

利用第二組精確的輪廓參數模擬第二個散射光譜；以及

利用計算的敏感度矩陣及第二組精確的輪廓參數決定第三組精確的輪廓參數。

62. 一種自實測散射光譜決定積體電路結構輪廓之方法，此方法包含：

以量測裝置測量自結構發射的散射光譜，測量產生一實測散射光譜；

於輪廓資料庫中選擇實測散射光譜之最佳符合者，輪廓資料庫具有具指定非線性範圍之實例，輪廓資料庫實例包括輪廓參數及相關散射光譜，輪廓參數表示積體電路結構輪廓的特性，最佳符合者為具有最接近測量散射光譜的散射光譜之輪廓資料庫實例；

利用精確化程序決定第一組精確的輪廓參數，精確化程序為一連串步驟，設計來利用實測散射光譜、關於最佳符合散射光譜之數據、及其他來自及/或推導自輪廓資料庫之數據決定精確的輪廓參數；

建立輪廓參數之範圍環繞第一組精確的輪廓參數；

利用環繞第一組精確的輪廓參數建立的範圍建立第二組精確的輪廓參數；以及

利用精確化程序決定第二組精確的輪廓參數。



六、申請專利範圍

63. 一種自實測訊號決定積體電路結構輪廓之系統，此系統包含：

一輪廓詢問裝置，設置來傳送實測訊號及接受精確的輪廓參數，實測訊號由積體電路結構得到，輪廓參數表示積體電路結構可能輪廓的特性；

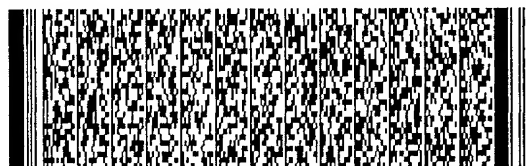
一輪廓數據空間，具有具指定非線性範圍之數據點，數據點代表輪廓參數及相關訊號；以及

一輪廓評估計，設置來於輪廓數據空間中選擇實測訊號之最佳符合者，最佳符合者為具有最接近測量訊號的訊號之輪廓數據空間數據點；及設置來進行精確化程序以決定精確的輪廓參數；

其中精確化程序包含一連串步驟，設計來利用實測訊號、關於最佳符合訊號之數據、及其他來自及/或推導自輪廓數據空間之數據決定精確的輪廓參數。

64. 如申請專利範圍第63項之自實測訊號決定積體電路結構輪廓之系統，其中將輪廓評估計設置來於輪廓數據空間中選擇一多面體，多面體包含有最佳符合數據點及具有對應於選定的輪廓參數數據點最近於最佳符合數據點之角落；以及

其中將輪廓評估計設置來最小化總成本函數，總成本函數包含有對應於選定的輪廓參數數據點之訊號相對於實測訊號之成本函數及最佳符合訊號相對於實測訊號之成本函數。



六、申請專利範圍

65. 如申請專利範圍第63項之自實測訊號決定積體電路結構輪廓之系統，其中將輪廓評估計設置來計算敏感度矩陣，敏感度矩陣為由輪廓參數之變化引發訊號變化之測量；

其中將輪廓評估計設置來利用計算的敏感度矩陣決定輪廓參數之調整值；以及

其中將輪廓評估計設置來藉由加入輪廓參數之調整值至對應於輪廓數據空間中最佳符合數據點的輪廓參數以計算精確的輪廓參數。

66. 如申請專利範圍第63項之自實測訊號決定積體電路結構輪廓之系統，其中將輪廓評估計設置來藉由比較實測訊號與叢集代表的訊號選擇實測訊號之最佳符合者，叢集代表係由輪廓數據空間數據點之叢集選出，輪廓數據空間數據點具有指定的非線性範圍，數據點代表輪廓參數及相關訊號，輪廓參數表示積體電路結構輪廓的特性；以及

其中將輪廓評估計設置來藉由實測訊號乘以調整倍數矩陣計算精確的輪廓參數，調整倍數矩陣轉變訊號成為輪廓參數。

67. 如申請專利範圍第63項之自實測訊號決定積體電路結構輪廓之系統，其中將輪廓評估計設置來選擇指定數目之數據空間數據點最接近實測訊號，輪廓數據空間數據點代



六、申請專利範圍

表輪廓參數及數據空間的相關訊號，輪廓參數表示積體電路結構輪廓的特性，輪廓數據空間數據點具有指定的非線性範圍；

其中將輪廓評估計設置來推導出調整倍數，調整倍數轉變指定數目之數據之相關訊號成為相對應的輪廓參數；以及

其中將輪廓評估計設置來藉由實測訊號乘以調整倍數計算對應於實測訊號之精確的輪廓參數。

68. 如申請專利範圍第63項之自實測訊號決定積體電路結構輪廓之系統，其中將輪廓評估計設置來於輪廓數據空間中選擇實測訊號之最佳符合者，數據點代表輪廓參數及相關訊號，輪廓參數表示積體電路結構輪廓的特性，最佳符合者為具有最接近測量訊號的訊號之輪廓數據空間的數據點；

其中將輪廓評估計設置來於輪廓數據空間子集內選出第一個數據點，輪廓數據空間子集含有實測訊號及最接近關於最佳符合訊號數據點之數據點；

其中將輪廓評估計設置來以對應於選定的第一個數據點之輪廓參數模擬自結構發射的訊號；

其中將輪廓評估計設置來證實符合輪廓精確化預設標準，輪廓精確化預設標準包含有模擬的訊號相對於實測訊號之配適度量測；以及

其中將輪廓評估計設置來取得關於符合輪廓精確化預



六、申請專利範圍

設標準之模擬訊號的輪廓參數。

69. 如申請專利範圍第63項之自實測訊號決定積體電路結構輪廓之系統，其中將輪廓評估計設置來於輪廓數據空間中選擇實測訊號之最佳符合者，數據點代表輪廓參數及相關訊號，輪廓參數表示積體電路結構輪廓的特性，最佳符合者為具有最接近測量訊號的訊號之輪廓數據空間的數據點；

其中將輪廓評估計設置來計算敏感度矩陣，敏感度矩陣為由輪廓參數之變化引發訊號變化之測量；

其中將輪廓評估計設置來利用計算的敏感度矩陣及最佳符合輪廓參數決定第一組精確的輪廓參數；

其中將輪廓評估計設置來利用第一組精確的輪廓參數模擬第一個訊號；以及

其中將輪廓評估計設置來利用計算的敏感度矩陣及第一組精確的輪廓參數決定第二組精確的輪廓參數。

70. 如申請專利範圍第63項之自實測訊號決定積體電路結構輪廓之系統，其中將輪廓評估計設置來於輪廓數據空間中選擇實測訊號之最佳符合者，數據點代表輪廓參數及相關訊號，輪廓參數表示積體電路結構輪廓的特性，最佳符合者為具有最接近測量訊號的訊號之輪廓數據空間的數據點；

其中將輪廓評估計設置來利用精確化程序決定第一組



六、申請專利範圍

精確的輪廓參數，精確化程序為一連串步驟，設計來利用實測訊號、關於最佳符合訊號之數據、及其他來自及/或推導自輪廓數據空間之數據決定精確的輪廓參數；

其中將輪廓評估計設置來建立輪廓參數之範圍環繞第一組精確的輪廓參數；

其中將輪廓評估計設置來利用環繞第一組精確的輪廓參數建立的範圍建立第二輪廓數據空間；以及

其中將輪廓評估計設置來利用精確化程序決定第二組精確的輪廓參數。

71. 如申請專利範圍第63項之自實測訊號決定積體電路結構輪廓之系統，其中將輪廓評估計設置來執行精確化程序，其利用雙線性精確化、拉格朗日(Lagrange)精確化、曲線近似法(Cubic Spline)精確化、埃德肯(Aitken)精確化、加權平均精確化、多-二次式精確化、雙立方精確化、圖忍(Turran)精確化、微波精確化、貝賽爾(Bessel's)精確化、艾佛列特(Everett)精確化、有限差精確化、高斯(Gauss)精確化、埃爾米特(Hermite)精確化、牛頓除式差分精確化、曲率精確化、或蒂勒(Thiele)精確化演算法。

72. 一種利用多重精確化引擎自實測訊號決定積體電路結構輪廓之系統，此系統包含：

一輪廓詢問裝置，設置來傳送實測訊號及接受精確的



六、申請專利範圍

輪廓參數，實測訊號由積體電路結構得到，輪廓參數表示積體電路結構可能輪廓的特性；

一輪廓數據空間，設置來儲存具有輪廓參數及相關訊號之數據點；以及

一輪廓評估計，設置來發動多於一種精確化程序以決定多於一組精確的輪廓參數，設置來選擇最佳符合訊號，最佳符合者為具有最接近測量訊號的訊號之輪廓數據空間的數據點；設置來基於指定的選擇標準由多於一組精確的輪廓參數中選擇一組精確的輪廓參數；

其中精確化程序包含一連串步驟，設計來利用實測訊號、關於最佳符合訊號之數據、及其他來自及/或推導自輪廓數據空間之數據決定精確的輪廓參數。

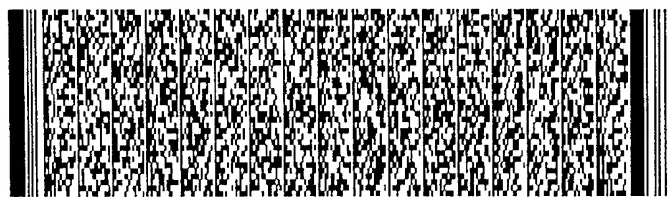
73. 一種由量測裝置產生之實測訊號決定積體電路結構輪廓之系統，此系統包含：

一量測裝置，設置來測量自積體電路結構發射的訊號及傳送實測訊號，實測訊號由積體電路結構得到，輪廓參數表示積體電路結構可能輪廓的特性；

一輪廓詢問裝置，設置來傳送輪廓參數之詢問及接受精確的輪廓參數；

一輪廓數據空間，設置來儲存數據點，數據點具有訊號及相關之輪廓參數；以及

一輪廓評估計，設置來於輪廓數據空間中選擇實測訊號之最佳符合者，最佳符合者為具有最接近測量訊號的訊



六、申請專利範圍

號之輪廓數據空間數據點，設置來發動一或多種精確化程序以決定一或多組精確的輪廓參數，設置來基於指定的選擇標準由一或多組精確的輪廓參數中選擇一組精確的輪廓參數，及設置來傳送精確的輪廓參數至輪廓詢問裝置；

其中精確化程序包含一連串步驟，設計來利用實測訊號、關於最佳符合訊號之數據、及其他來自及/或推導自輪廓數據空間之數據決定精確的輪廓參數。

74. 如申請專利範圍第73項之由量測裝置產生之實測訊號決定積體電路結構輪廓之系統，其中量測裝置為光學量測裝置、電子量測裝置、電量測裝置，或機械量測裝置。

75. 一種含有電腦可執行的編碼之電腦可讀的儲存媒體，由指示電腦如下操作以自實測訊號決定積體電路結構輪廓：

於輪廓數據空間中選擇實測訊號之最佳符合者，實測訊號由積體電路結構得到，輪廓數據空間具有具指定非線性範圍之數據點，數據點代表輪廓參數及相關訊號，輪廓參數表示積體電路結構輪廓的特性，最佳符合者為具有最接近測量訊號的訊號之輪廓數據空間的數據點；以及

進行精確化程序以決定相當於測量訊號之精確的輪廓參數；

其中精確化程序包含一連串步驟，設計來利用實測訊號、關於最佳符合訊號之數據、及其他來自及/或推導自



六、申請專利範圍

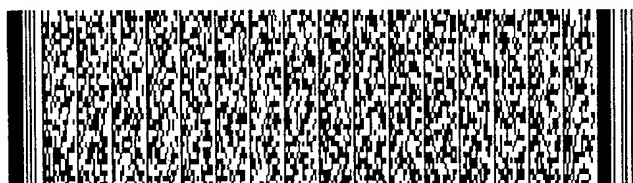
輪廓數據空間之數據決定精確的輪廓參數。

76. 一種含有電腦可執行的編碼之電腦可讀的儲存媒體，由指示電腦如下操作以自實測訊號決定積體電路結構輪廓：

於輪廓資料庫中選擇實測散射光譜之最佳符合者，實測散射光譜由積體電路結構得到，輪廓資料庫具有具指定非線性範圍之實例，輪廓資料庫實例包括輪廓參數及相關散射光譜，輪廓參數表示積體電路結構輪廓的特性，最佳符合者為具有最接近測量散射光譜的散射光譜之輪廓資料庫實例；以及

進行精確化程序以決定相當於測量光譜之精確的輪廓參數；

其中精確化程序包含一連串步驟，設計來利用實測訊號、關於最佳符合訊號之數據、及其他來自及/或推導自輪廓數據空間之數據決定精確的輪廓參數。



圖式

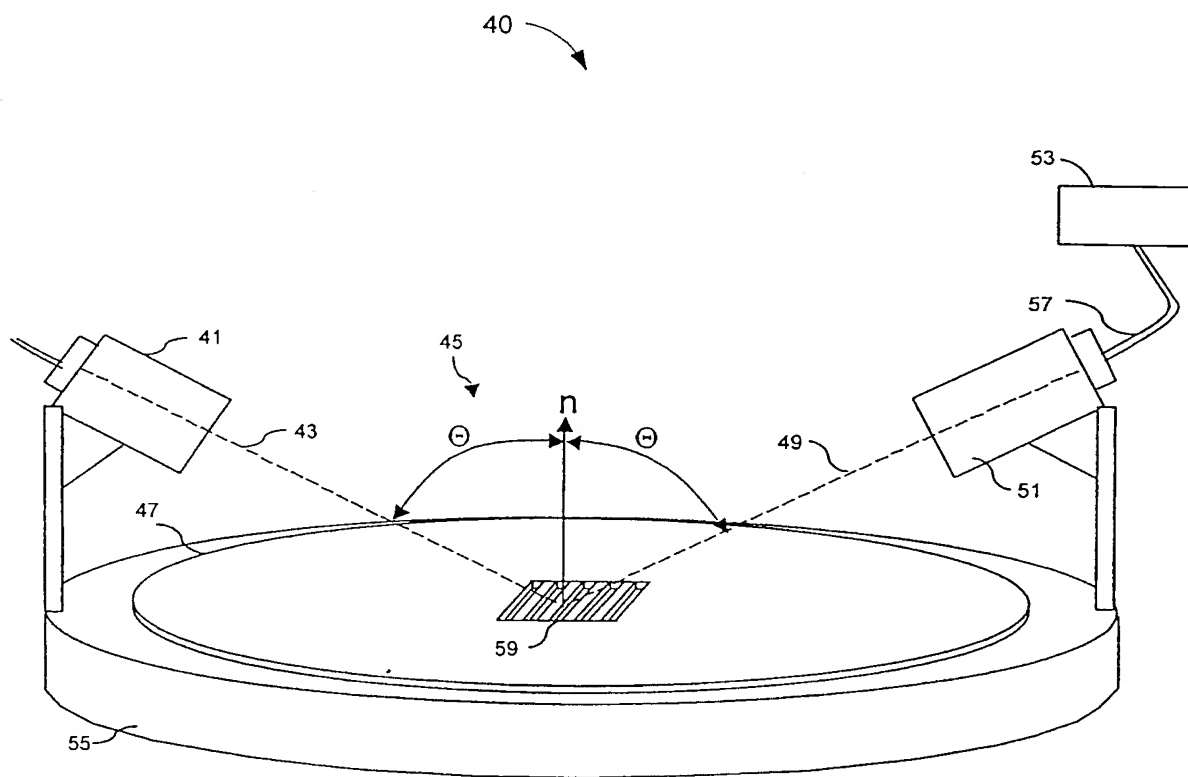


圖 1

圖式

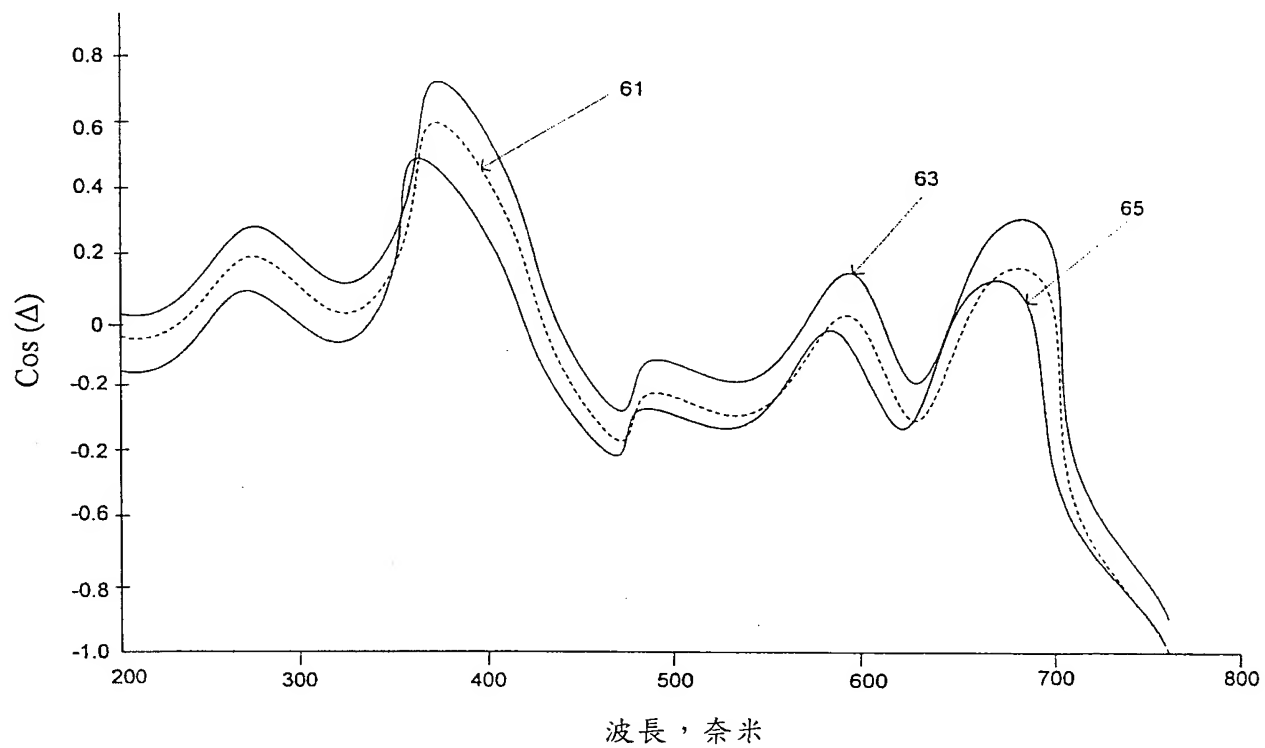


圖 2A

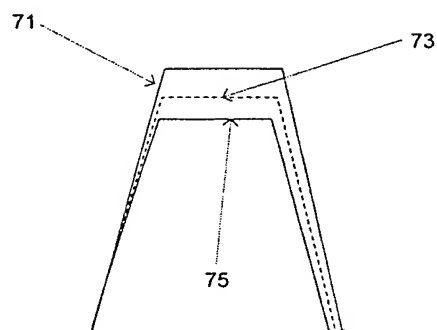


圖 2B

圖式

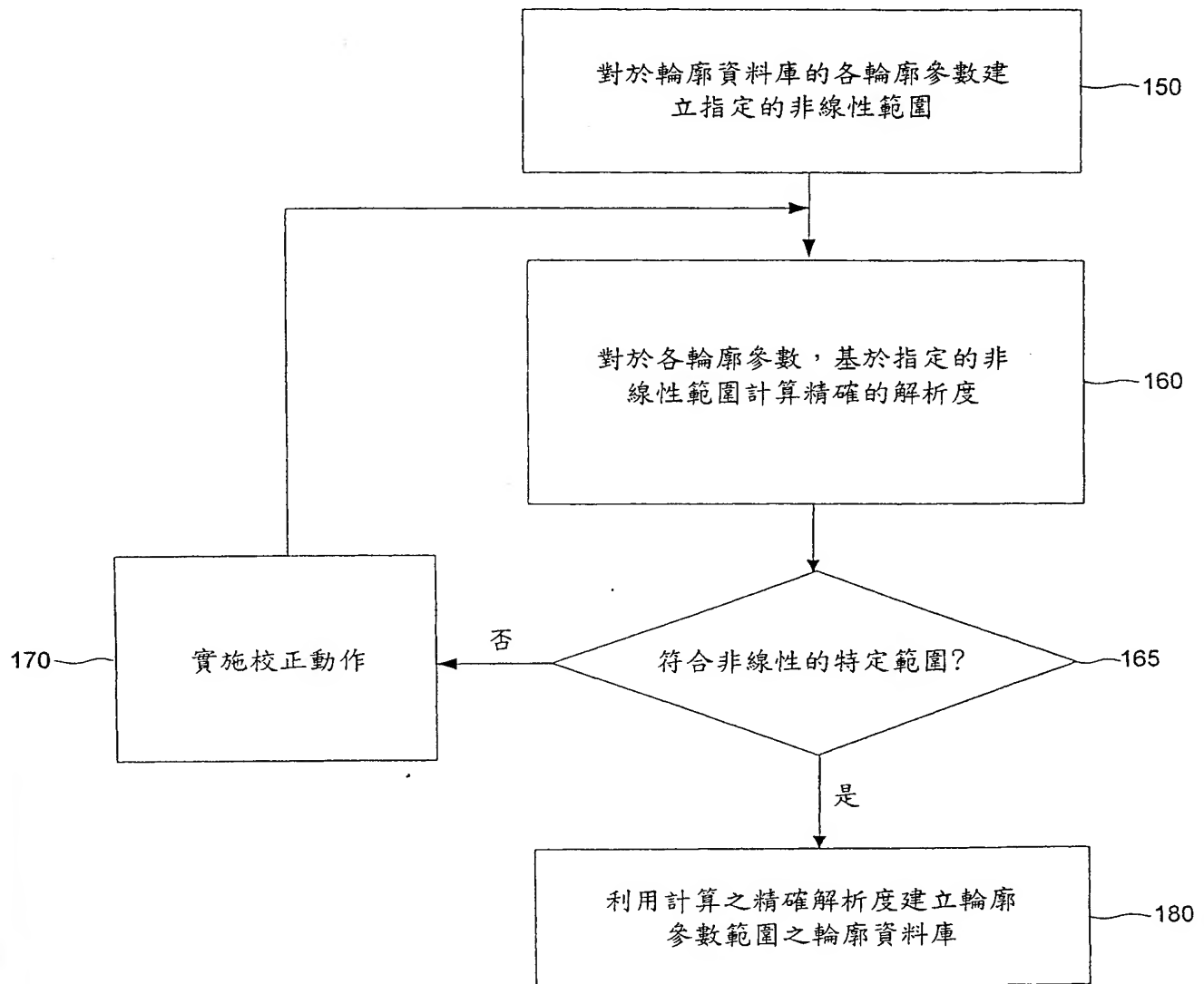


圖 3

圖式

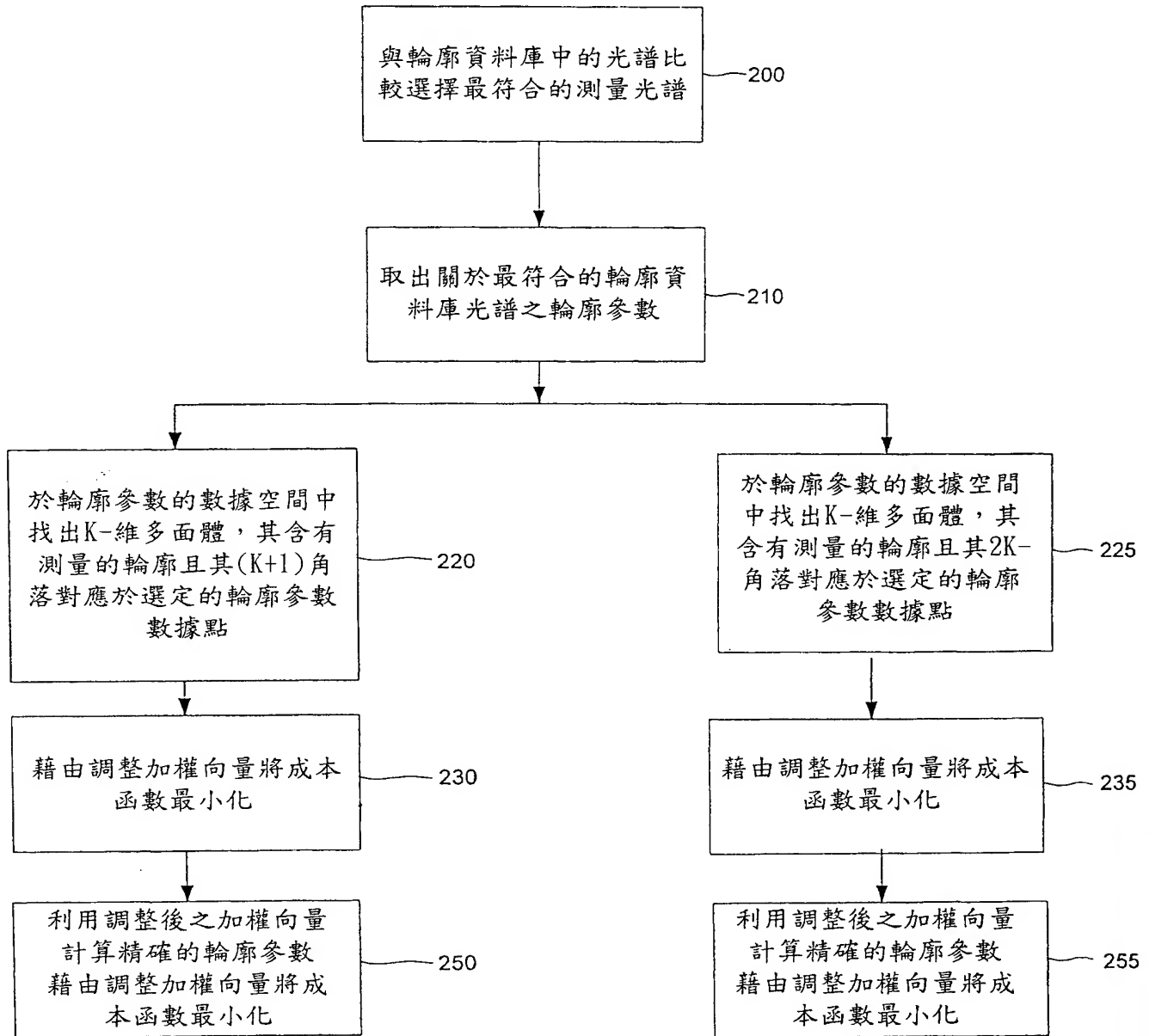


圖 4A

圖式

圖 4B

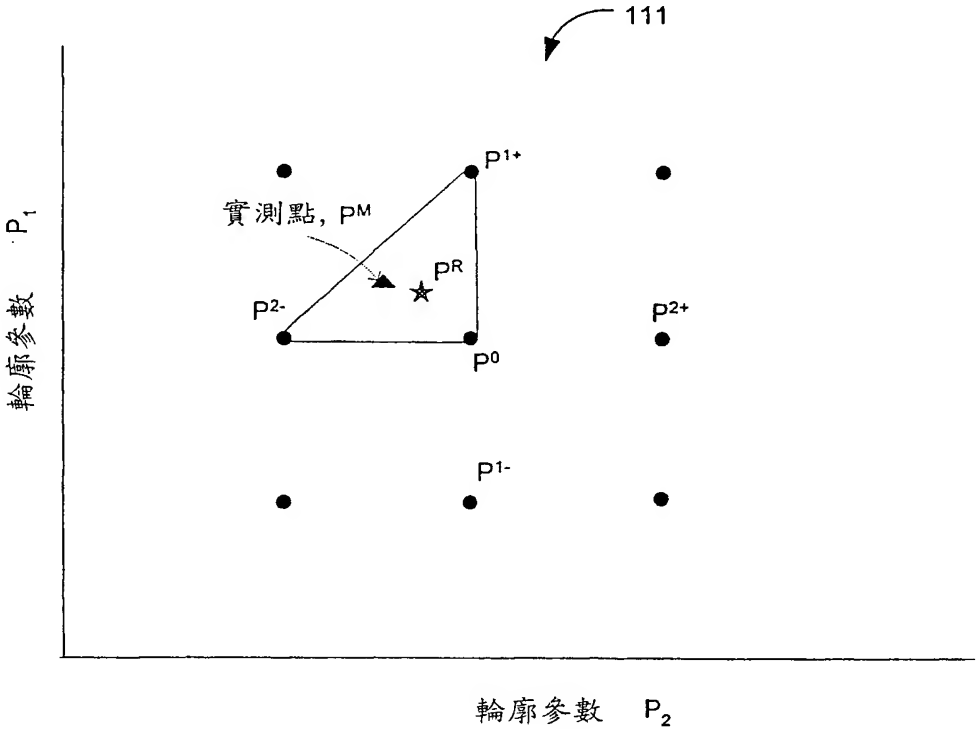
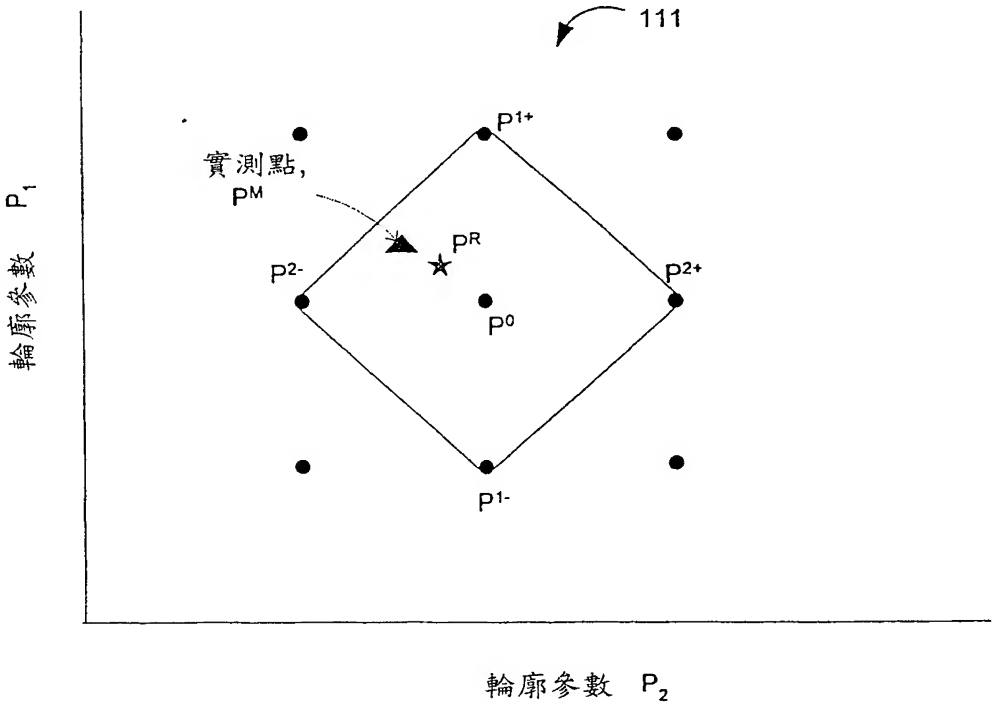


圖 4C



圖式

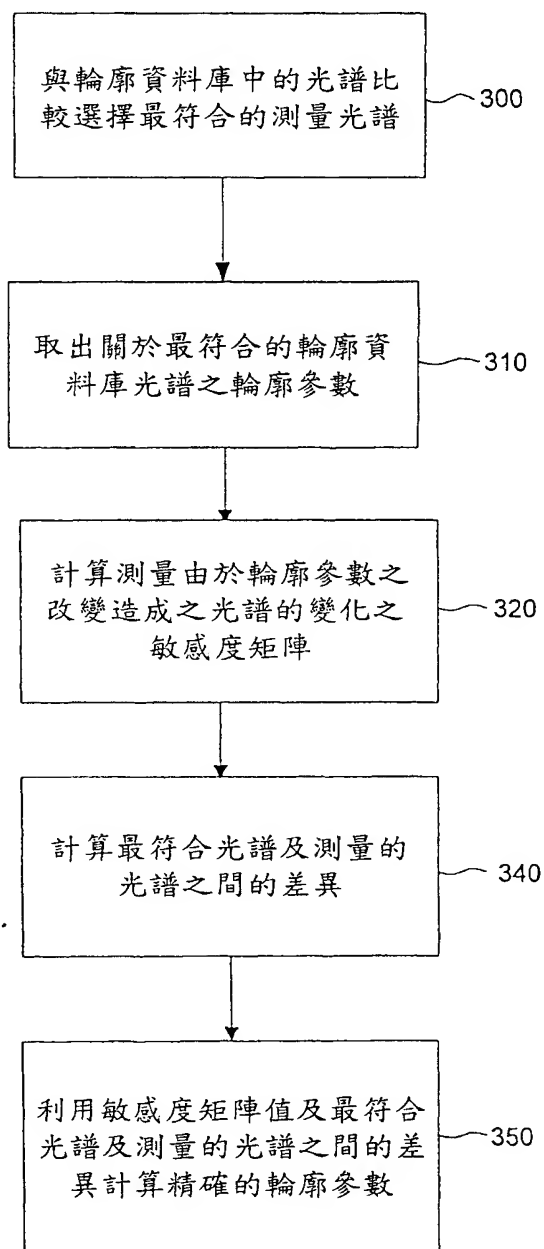


圖 5A

圖式

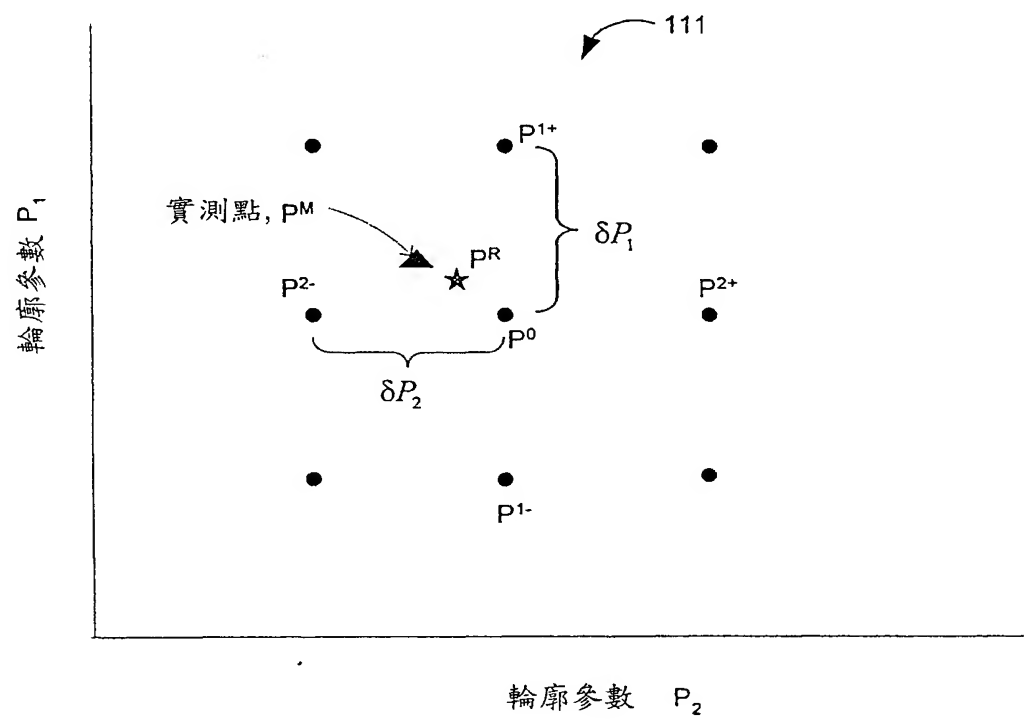


圖 5B

圖式

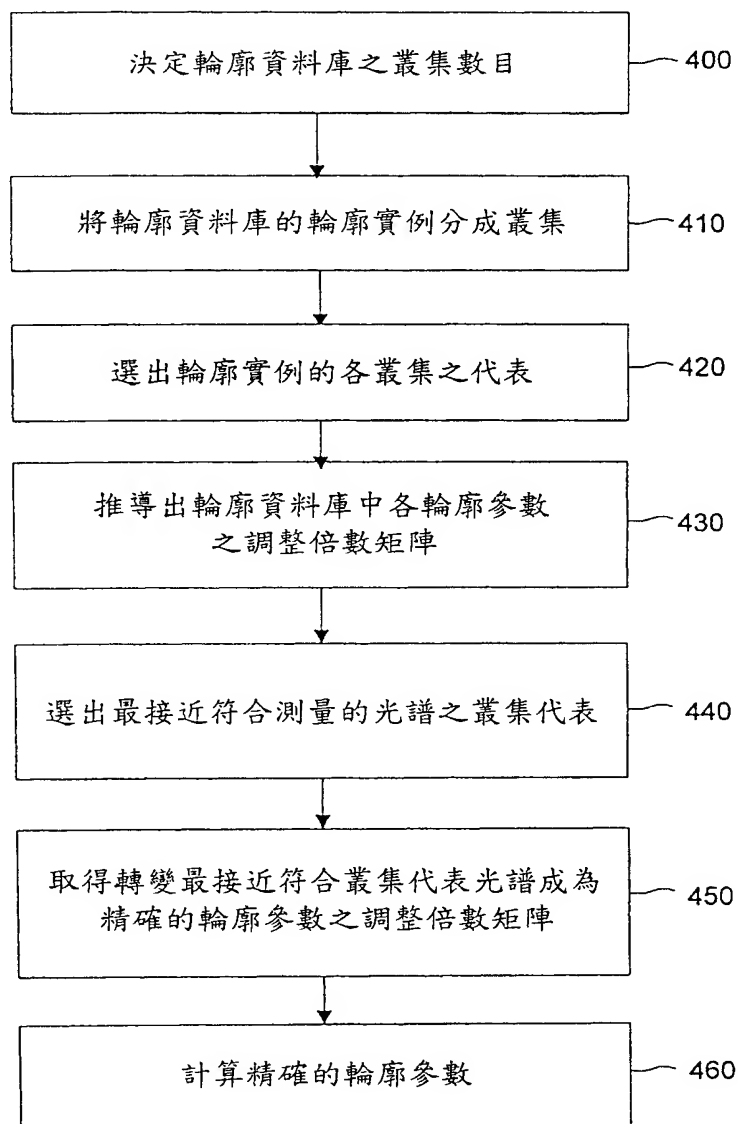


圖 6

圖式

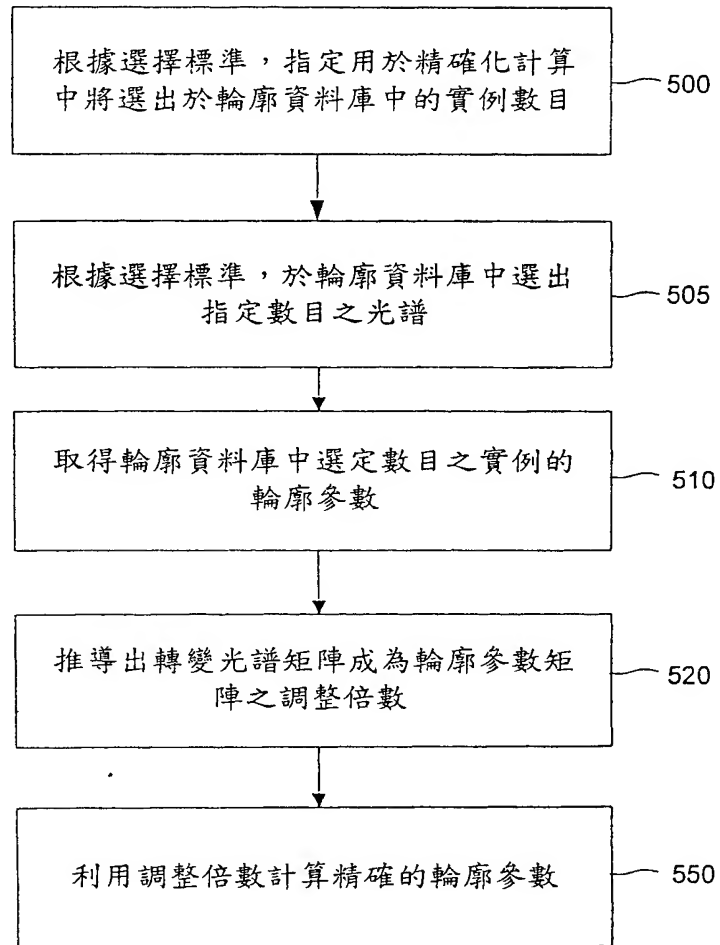


圖 7

圖式

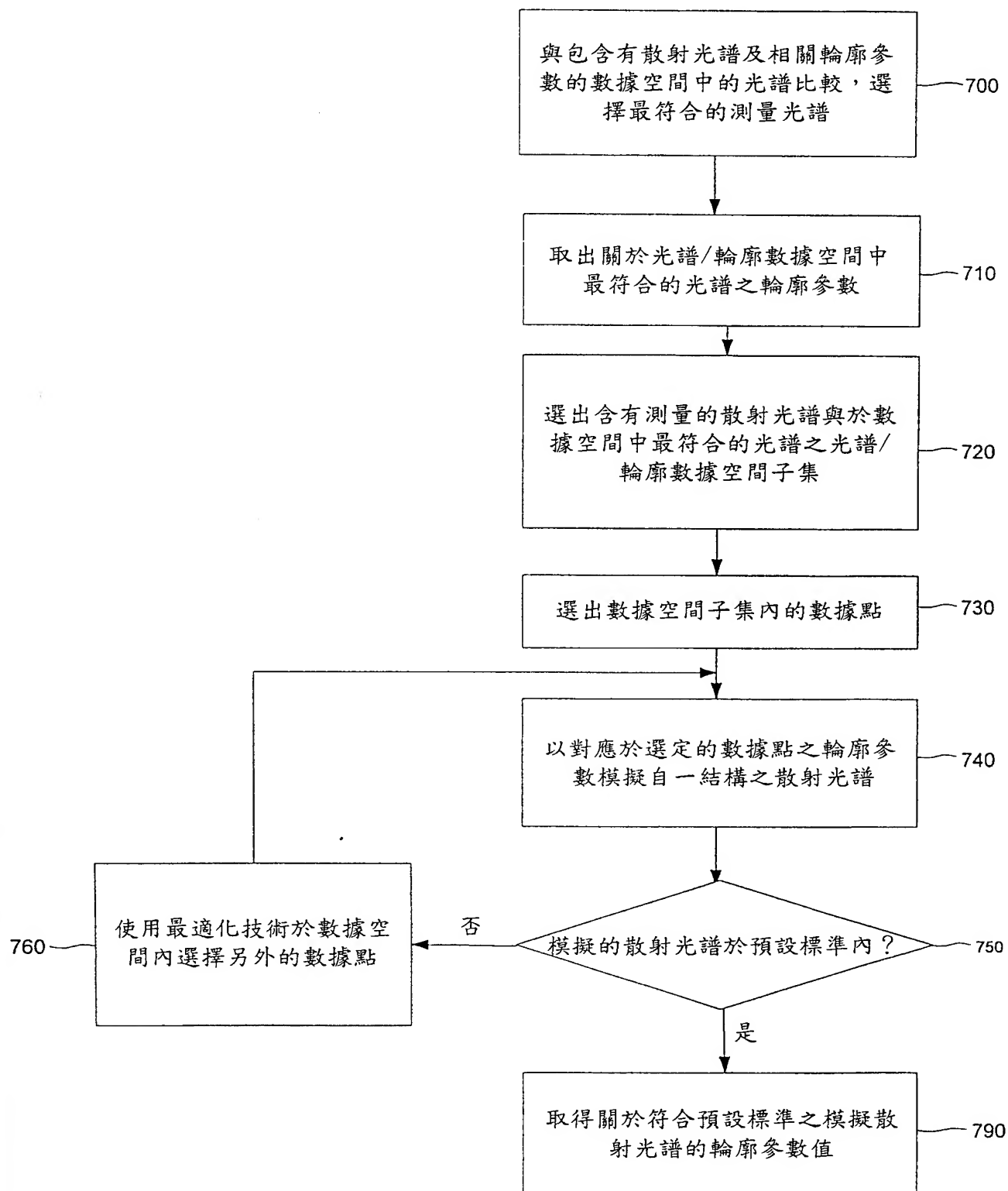


圖 8

圖式

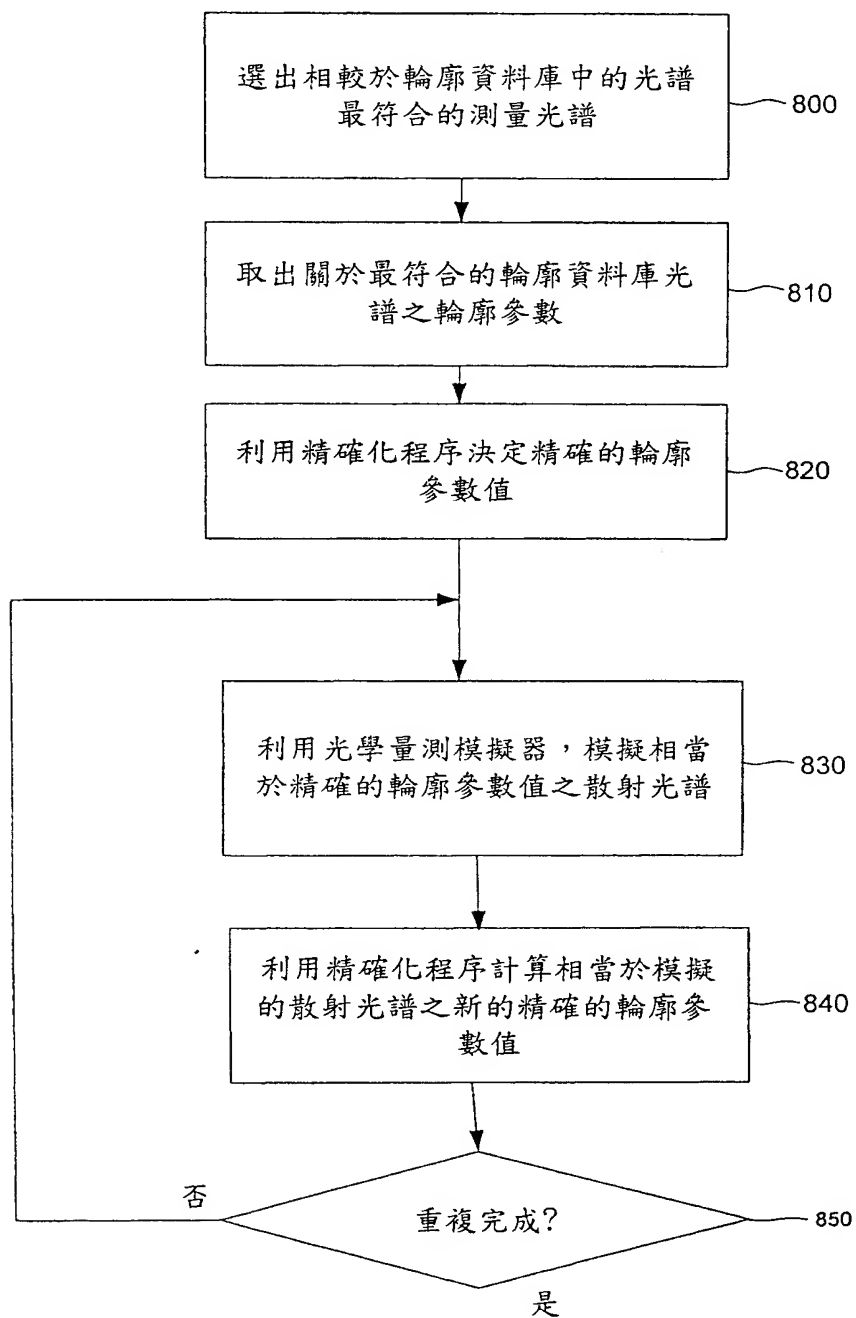


圖 9A

圖式

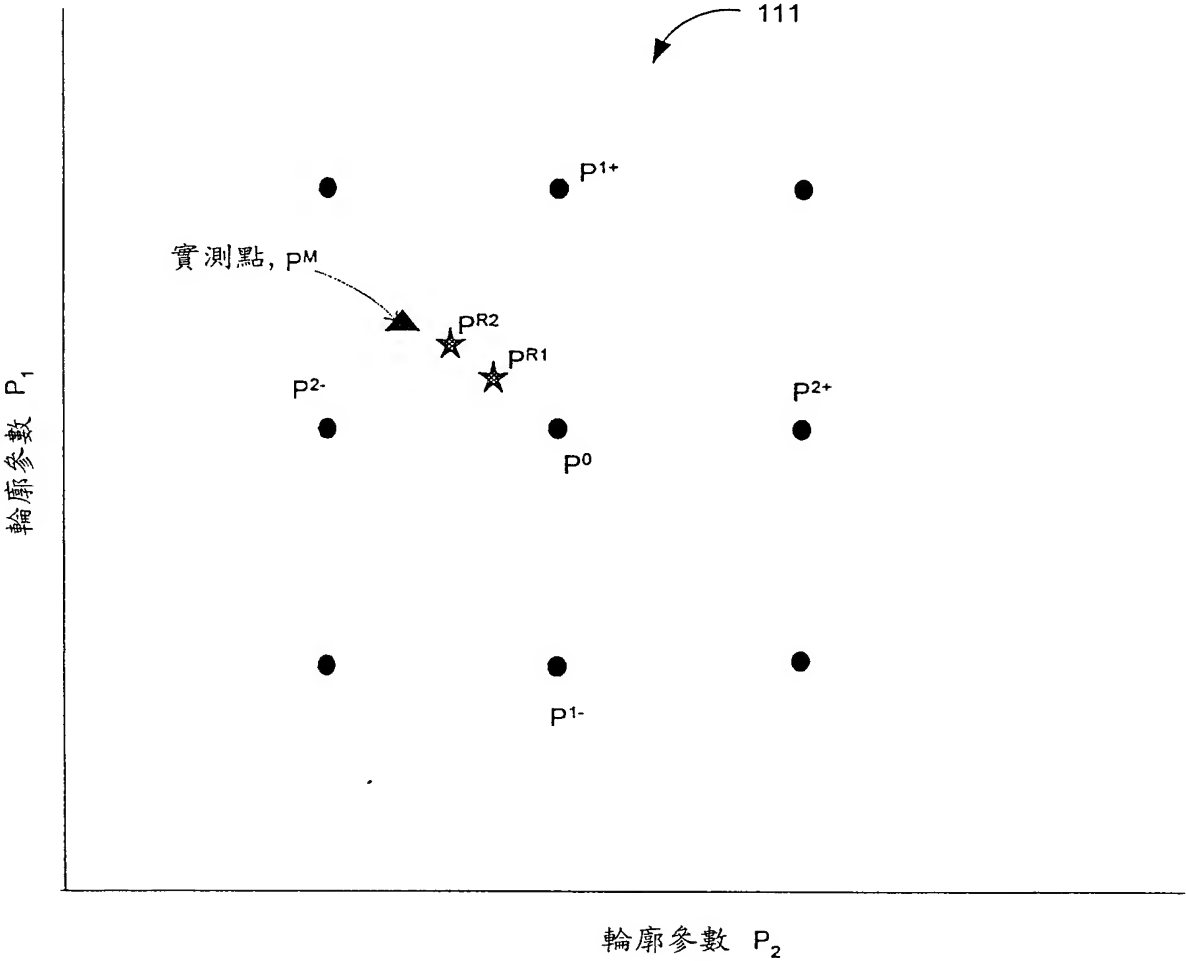


圖 9B

圖式

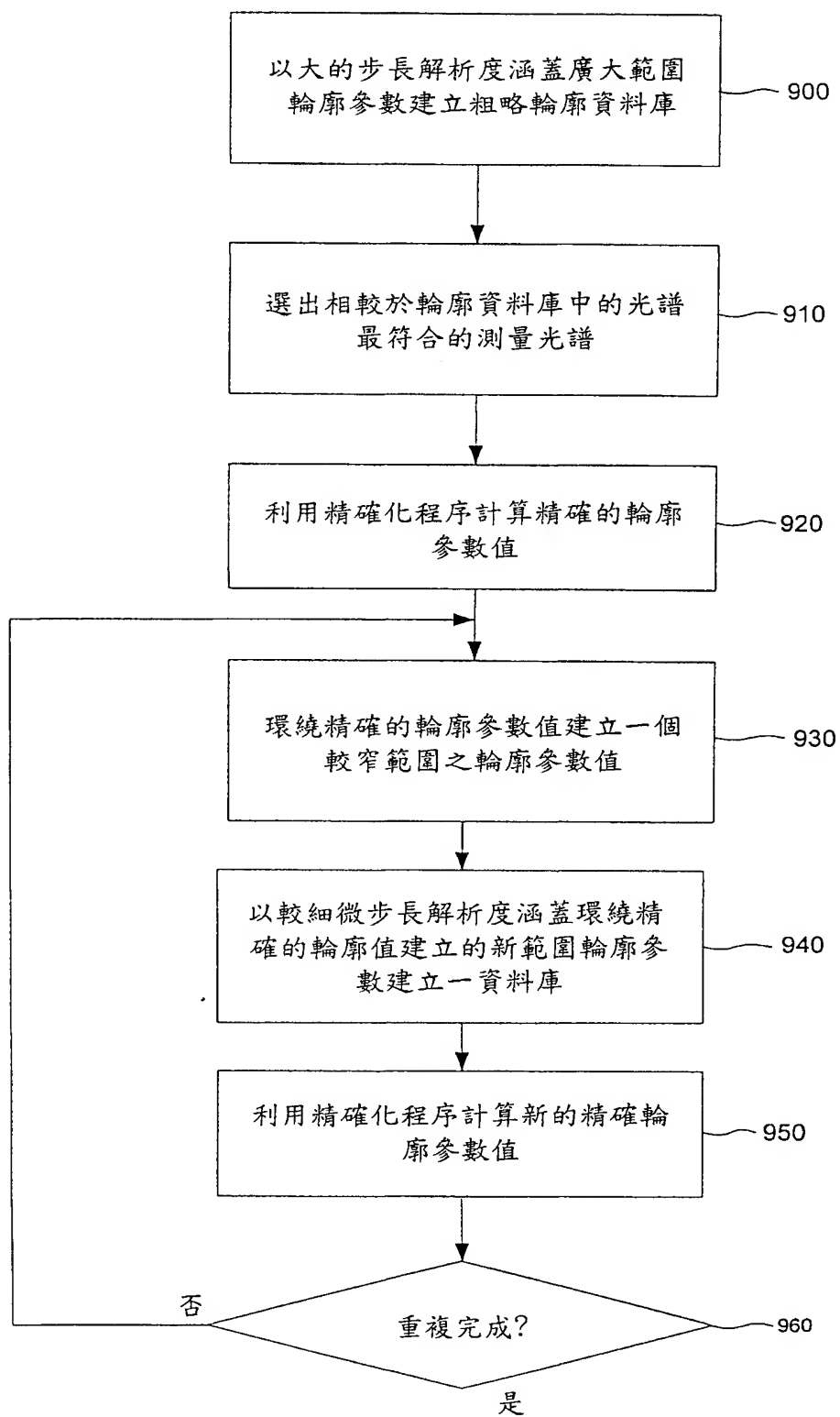


圖 10

圖式

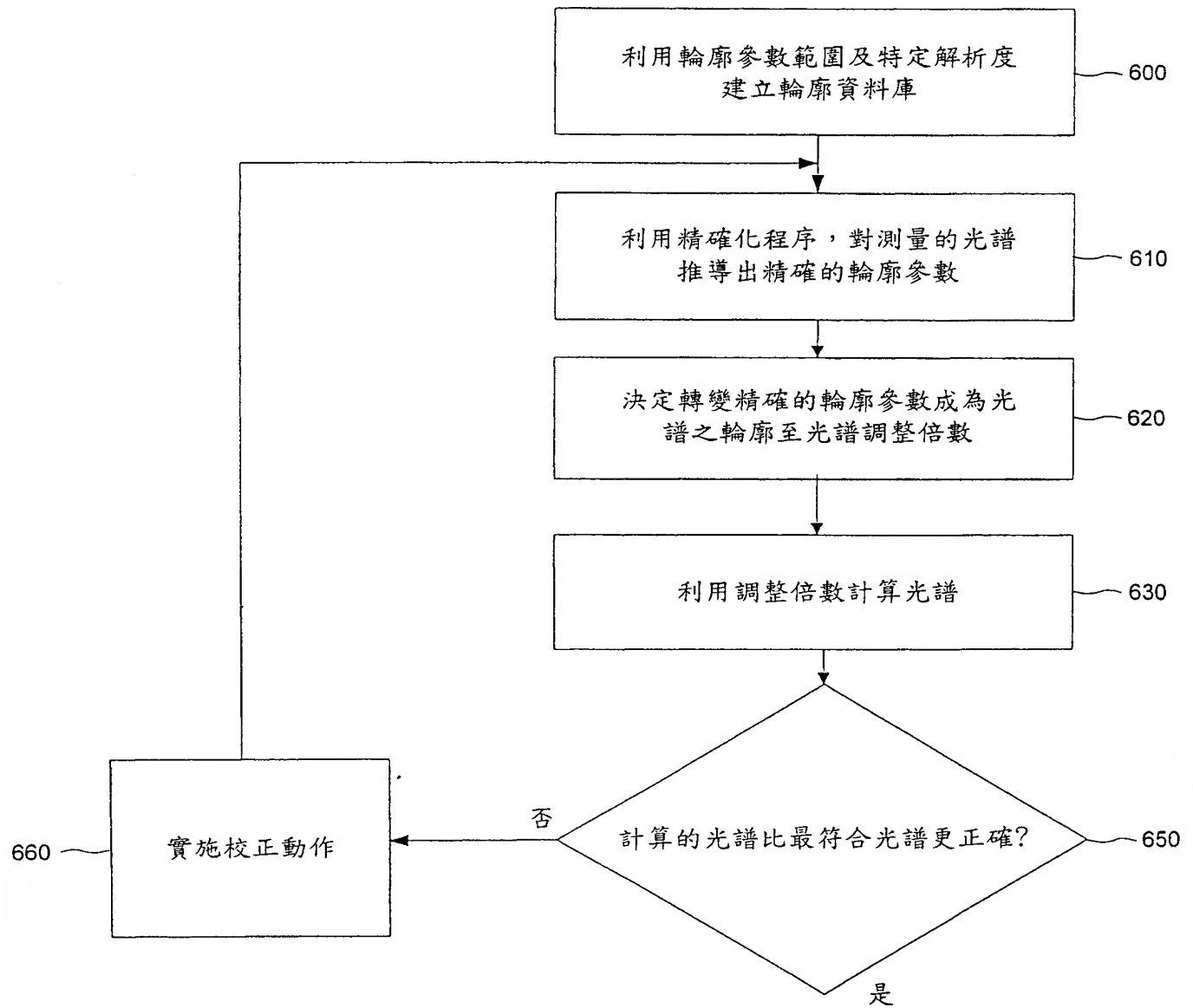


圖 11

圖式

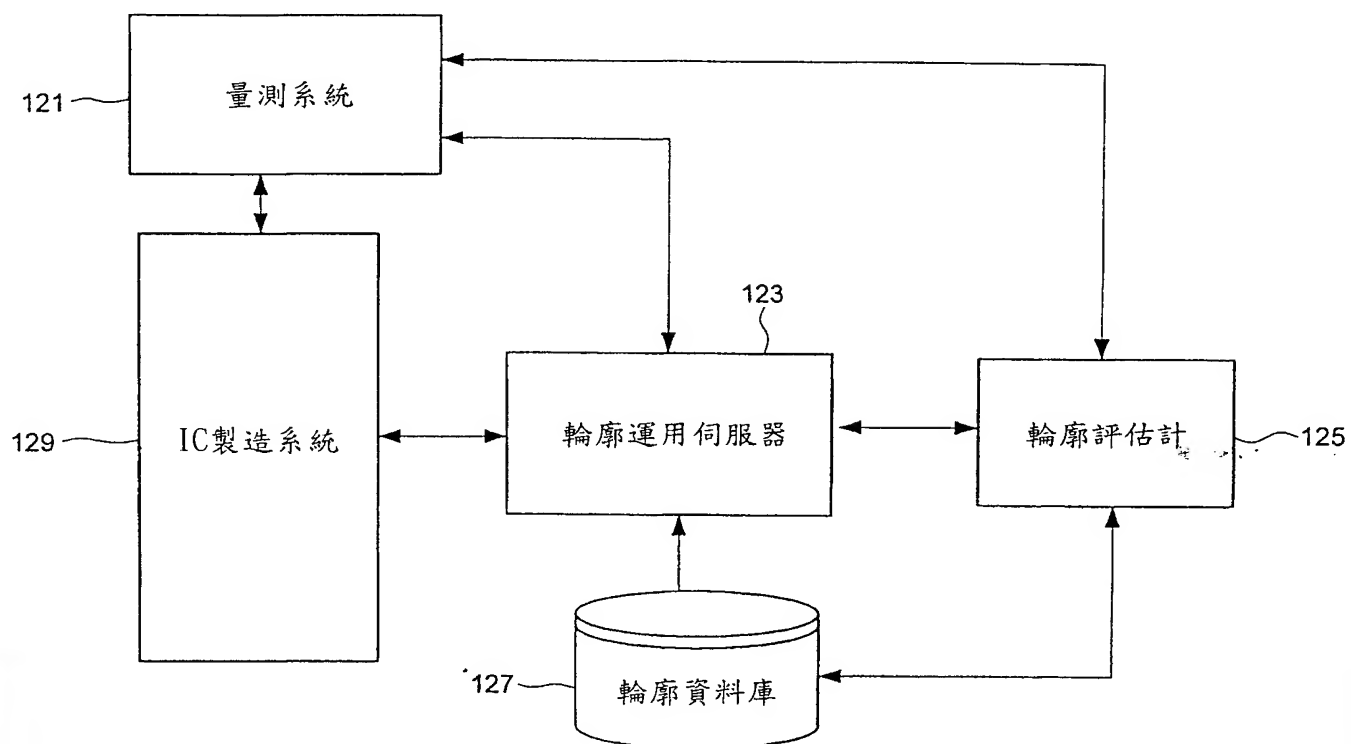


圖 12

圖式

圖 13A

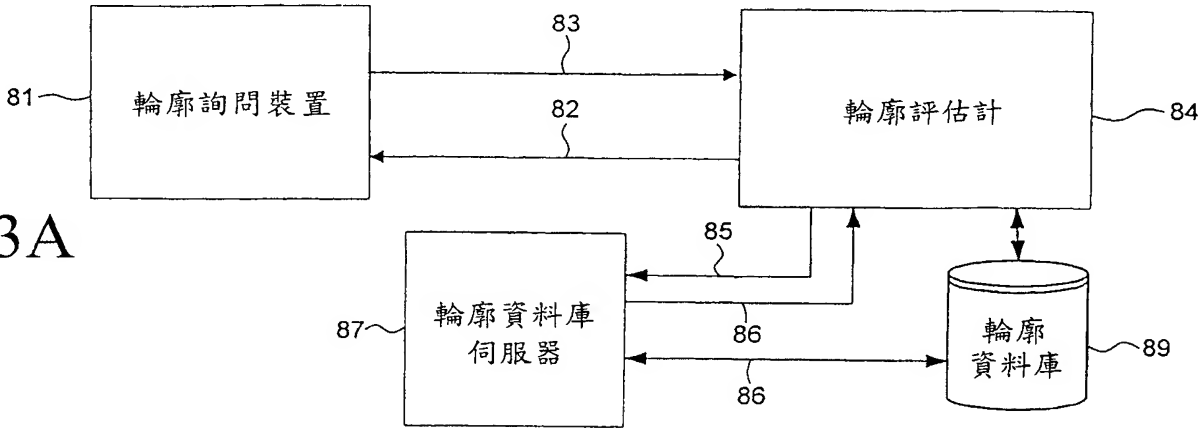


圖 13B

